

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

**Facultad de Ingeniería Mecánica-Energía**



**IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO  
PROACTIVO APLICANDO MICROFILTRADO Y COALESCENCIA DE  
ACEITES LUBRICANTES EN MOTORES GOLDEN DRAGON CGAS  
PLUS (GNV) EN LOS OMNIBUSES DEL GRUPO EMPRESARIAL POLO**

**INFORME DE EXPERIENCIA LABORAL REALIZADO EN EL AÑO 2010  
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
MECÁNICO**

**AUTOR:** Bachiller Polo Juvenal Pérez Orihuela.

**CALLAO - PERU**

**MARZO - 2016**

#### **DEDICADO A:**

Mis padres, mis hermanos, mis abuelos, mi esposa e hija quienes gracias a su sabiduría influyeron en mí la madurez para lograr todos los objetivos en la vida, es para ustedes está tesis en agradecimiento por todo su amor.

**AGRADECIMIENTO:**

A mis profesores y amigos, quienes fueron pilares fundamentales en mi crecimiento académico y profesional.

**ACTA PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL**  
**MODALIDAD: INFORME DE EXPERIENCIA LABORAL**


A los CUATRO días del mes de MARZO del dos mil dieciséis, siendo las 12:00 horas, se procedió a la instalación del Jurado de Exposición de Informe de Experiencia Laboral de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía (**Resolución Decanal N° 006-2015-D-IEL-J-EXP- IEL**), conformado por los siguientes docentes:

- **PRESIDENTE** : Mg. JAIME GREGORIO FLORES SÁNCHEZ
- **SECRETARIO** : Ing. MARTÍN TORIBIO SIHUAY FERNÁNDEZ
- **VOCAL** : Ing. ESTEBAN ANTONIO GUTIÉRREZ HERVÍAS
- **ASESOR** : Dr. FELIX ALFREDO GUERRERO ROLDAN


Con el fin de dar inicio a la **EXPOSICIÓN DEL INFORME DE EXPERIENCIA LABORAL** presentado por el Sr. Bachiller **POLO JUVENAL PÉREZ ORIHUELA**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de **INGENIERO MECÁNICO**, expondrá el Informe de Experiencia Laboral, titulado: **"IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PROACTIVO APLICANDO MICROFILTRADO Y COALESCENCIA DE ACEITES LUBRICANTES EN MOTORES GOLDEN DRAGON CGAS PLUS (GNV) EN LOS OMNIBUSES DEL GRUPO POLO"**


Con el quórum reglamentario de Ley se dio inicio a la Exposición de Informe de Experiencia Laboral de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente, luego de las preguntas formuladas y efectuadas las deliberaciones pertinentes, se acordó dar por Aprobado con el calificativo de 15 al señor Bachiller **POLO JUVENAL PÉREZ ORIHUELA**.

Con lo que se dio por cerrada la sesión a las 1:30pm del día 04 de Marzo del 2016.

  
Mg. JAIME GREGORIO FLORES SÁNCHEZ  
PRESIDENTE

  
Ing. MARTÍN TORIBIO SIHUAY FERNÁNDEZ  
SECRETARIO

  
Ing. ESTEBAN ANTONIO GUTIÉRREZ HERVÍAS  
VOCAL

  
Dr. FÉLIX ALFREDO GUERRERO ROLDÁN  
ASESOR

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	3
<b>I. OBJETIVOS</b> .....	5
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
<b>II. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA</b> .....	6
2.1. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	6
2.2. RESEÑA HISTÓRICA.....	7
2.3. ORGANIGRAMA DEL GRUPO EMPRESARIAL POLO.....	10
2.4. ORGANIGRAMA DE MANTENIMIENTO.....	11
2.5. PLANO DEL AREA DE MANTENIMIENTO.....	12
<b>III. ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR LA EMPRESA</b> .....	13
3.1. TRANSPORTE URBANO (LIMA).....	13
3.2. TRANSPORTE DE PERSONAL.....	13
<b>IV. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE INGENIERÍA</b> .....	13
4.1. DESCRIPCIÓN DEL TEMA.....	13
4.2. ANTECEDENTES.....	14
4.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
4.4. JUSTIFICACIÓN.....	17
4.5. MARCO TEÓRICO.....	19
4.6. FASES DEL PROYECTO.....	73
<b>V. EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA</b> .....	108
5.1. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	108
<b>VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	112
6.1. CONCLUSIONES.....	112
6.2. RECOMENDACIONES.....	113
<b>VII. REFERENCIALES</b> .....	115
<b>VIII. ANEXOS Y PLANOS</b> .....	117
8.1. DURA OIL SB3.....	118
8.2. INGENIERÍA EN LUBRICACIÓN Y MICROFILTRADO.....	120
8.3. INVESTIGACIÓN: Experimental Investigation of the Influence of Lubricant Additives on Rheology of Elastohydrodynamic Films.....	123

8.4. ARTÍCULO: Boundary Lubrication and Lubricants ..... 129

## INTRODUCCIÓN

Nuestro país ha sido objeto de un crecimiento sostenido de un promedio del 5,4%<sup>1</sup> al año en esta última década, esta situación ha permitido el desarrollo de mega proyectos de ingeniería en el Perú. La minería como primera área industrial es el impulsor de este desarrollo seguido de la Energía, Pesca y la Construcción.

En ese sentido, podemos notar, también que el Transporte se ha visto positivamente afectado, generando un fuerte crecimiento; en estos últimos 5 años se han renovado más de 4000 buses de transporte urbano en la ciudad de Lima y en consecuencia, se ha generado el ingreso de Unidades de Transporte de última Generación que provienen de los más importantes continentes como Asia, Europa y América.

Estas nuevas unidades de transporte público y de personal, llegan con motores de combustión diesel o a gas (GNV), todos ellos ahora están regulados con las más estrictas normas internacionales de control de emisiones y, también con una fuerte tendencia al ahorro de combustible.

Las reparaciones cada vez más costosas de los motores de estos ómnibus que conllevaba a tiempos muertos por reparación, así como el alto costo por lucro cesante y multas por paradas intempestivas, nos llevaron a

---

<sup>1</sup> El Comercio [en línea]. PERU: Crecimiento sostenible [acceso el 20 de Febrero del 2011] URL disponible en: <<http://elcomercio.pe/economia/peru/peru-liderara-crecimiento-economico-region-hasta-2018-noticia-1711058/>>

implementar no sólo mantenimientos preventivos y predictivos, sino sistemas de mantenimiento proactivos.

El desarrollo de ingeniería motivo del presente informe laboral cuando ocupaba el cargo de gerente de mantenimiento, fue de implementar en los motores de estas modernas unidades de transporte, un adecuado régimen de lubricación realizando un mantenimiento proactivo, aplicando microfiltrado y logrando modificar los coeficientes de fricción en la lubricación de los motores, con modernas técnicas de ingeniería, controlando y eliminando causas raíces de fallas en los motores causados por las actuales y reales condiciones de operación de nuestro país.

Como resultado de esta implementación se obtuvo la reducción de rutinas de cambios de aceite y costos asociados a esta actividad, incrementando el ciclo de vida de componentes de los motores, mejorando la eficiencia de combustión y bajando el consumo de combustible reduciendo costos operativos, aumentando así la disponibilidad de las maquinas, lo que coadyuvó a aumentar el ciclo de reparación de los motores, así como su ciclo financiero. De esta manera, el GRUPO POLO S.A.C. marca el Liderazgo en la Industria del Transporte Público, de Personal e Interprovincial, como una de las principales empresas del país que promueve el DESARROLLO SOSTENIBLE, que respeta las Regulaciones Vigentes de la Comunidad y Brinda un Servicio de Alto nivel de Confiabilidad y Seguridad a sus Clientes.



## **I. OBJETIVOS**

### **1.1. Objetivo general**

Reducir los costos de mantenimiento implementando un programa de mantenimiento proactivo aplicando micro filtrado y coalescencia de aceites en motores para los ómnibus del grupo empresarial polo.

### **1.2. Objetivos específicos**

- a. Reducir el coeficiente de fricción interna y desgaste abrasivo por partículas de desgaste y/o de hollín presentes en lubricantes de los sistemas de lubricación de los motores.
- b. Optimizar el uso y/o cambio de aceites o lubricantes de los sistemas de motor implementado microfiltrado y coalescencia.
- c. Proteger los filtros nominales celulósicos de la contaminación con agua por condensación natural en los tanques de aceites aplicando el microfiltrado.

## II. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA



Figura N° 1

Fuente: Propia

### 2.1. Ubicación y descripción de la empresa

EL GRUPO EMPRESARIAL POLO, se encuentra ubicado en la calle Los Pinos 308 La Molina – Lima; El mencionado grupo Empresarial., es un Holding que agrupa a empresas de transporte urbano, transporte de personal, y tercerizadora de mantenimiento.

El Grupo cuenta con 226 ómnibus, tiene una inversión superior a los \$20 millones de dólares que viene creciendo sostenidamente y actualmente,

está implementando el Sistema Integrado de Gestión: CALIDAD, ISO 9001 y SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL, OHSAS 18001, Sistemas que vienen dando mejor imagen empresarial, mayor satisfacción y mejor comunicación con los clientes.

## **2.2. Reseña histórica**

La primera empresa INVERSIONES Y REPRESENTACIONES POLO S.A.C., fue constituida el 12 de Septiembre del 2002, comenzó con el alquiler de camionetas a la Unidad Minera Yauliyacu, luego, ganó la licitación de transporte de personal compitiendo y ganando a las empresas: Cruz del Sur, Línea y Móvil Tours en Diciembre del 2004.

La segunda empresa CONSORCIO VÍA S.A.C., se compró en el año 2007; cuando se adquirió la empresa contaba con 25 buses Marca Daewoo con 15 años de antigüedad, en la actualidad se cuenta con 84 buses con un promedio de antigüedad de 3 años de los cuales 44 buses son a GNV.

La tercera empresa PUENTE PIEDRA, se compró en el año 2011 vía escisión, esta empresa prestaba servicio con vehículos tipo combi, estos se sustituyeron por 72 buses de 12 metros de los cuales 20 son GNV y 52 a D2 con una antigüedad promedio de 2 años.

La cuarta empresa SANTA ROSA DE LIMA, se compró en el año 2013, cuando se adquirió esta empresa contaba con 30 ómnibus, luego, se adquirieron 38 ómnibus, siendo a la fecha la primera empresa de transporte urbano que cuenta con el 100% de la flota nueva a GNV.

Para un mejor control y organización del mantenimiento de las unidades del Grupo Empresarial, se creó POLO MAS que es una empresa que da el soporte de mantenimiento preventivo de todas las unidades que lo requieran.

### **2.2.1. Visión**

Obtener el liderazgo local y nacional manteniéndonos a la vanguardia de las expectativas de nuestros clientes.

El Grupo Empresarial Polo, trabaja con seguridad y se preocupa por el control ambiental y, que sus trabajadores hacen de esta declaración parte de su cultura personal, teniendo como prioridad el cumplimiento de los objetivos de logro de nuestros clientes.

### **2.2.2. Misión**

Brindar un servicio de transporte urbano de personal e interprovincial eficiente, adecuado a las necesidades de los usuarios, garantizando la plena satisfacción de los pasajeros y adaptándonos a los cambios tecnológicos

para ofrecer el mejor servicio. Creemos firmemente que es posible transportar pasajeros satisfechos y trabajamos con calidad para ello.

### **2.2.3. Valores**

- a) **Ilusión:** Nuestro día a día es alegre y positivo. Superamos los retos porque los afrontamos con entusiasmo y con la seguridad de facilitar un servicio profesional y de calidad.
- b) **Compromiso:** Buscamos la completa satisfacción de nuestros clientes y nos comprometemos con nuestras acciones a superar sus expectativas. Somos social y ambientalmente responsables, además, de velar por la seguridad de todo nuestro equipo de trabajo.
- c) **Orgullo de pertenencia:** Nos satisface trabajar en POMINPRO S.A.C.; Sentimos que nuestro esfuerzo y dedicación tienen un objetivo claro y definido. Consideramos a POMINPRO S.A.C. como parte de nuestras vidas y nos sentimos partícipes de sus éxitos y logros.
- d) **Superación:** Somos exigentes con nuestros procesos y nuestro trabajo. Buscamos la excelencia a través de la mejora continua en todas las actividades que desarrollamos.
- e) **Honestidad:** Nuestras acciones están basadas en la honradez personal. Somos íntegros y actuamos buscando construir las mejores relaciones con nuestro entorno. Somos humildes, transparentes y honrados en todas nuestras comunicaciones.

### 2.3. Organigrama general del grupo empresarial Polo S.A.C.

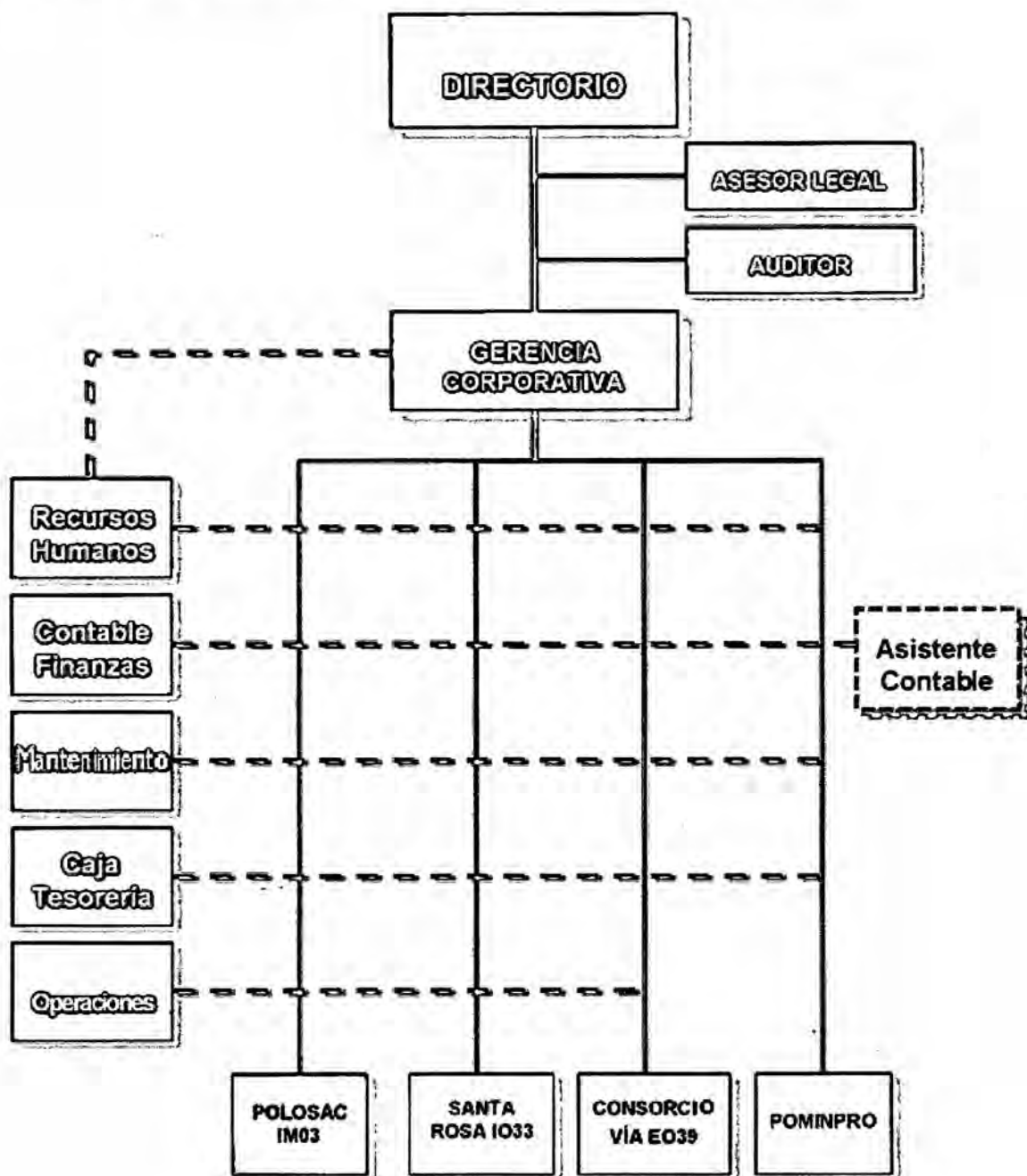


Figura N° 2

Fuente: Propia

## 2.4. Organigrama de mantenimiento

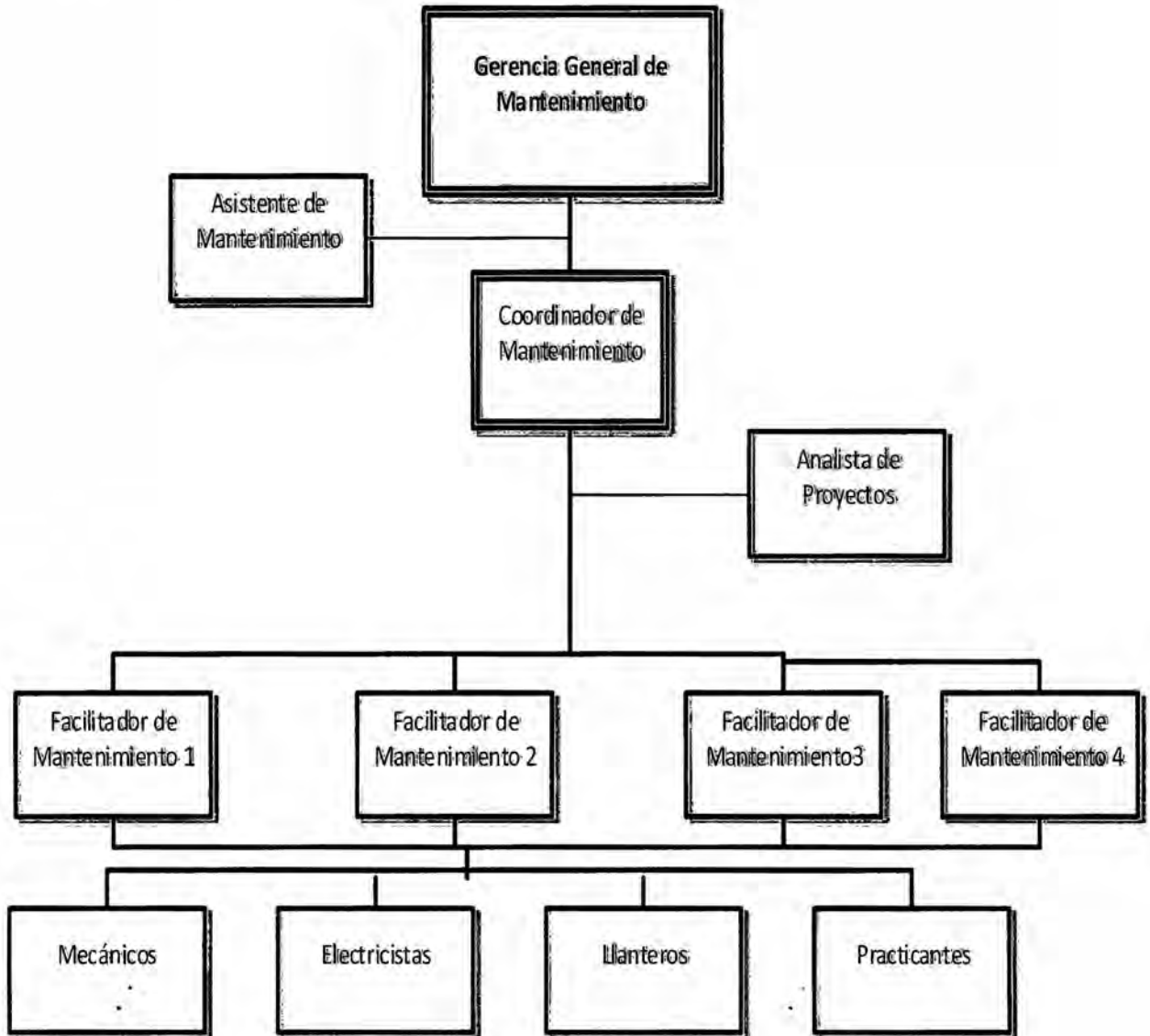


Figura N° 3

Fuente: Propia

## 2.5. Plano del área de mantenimiento

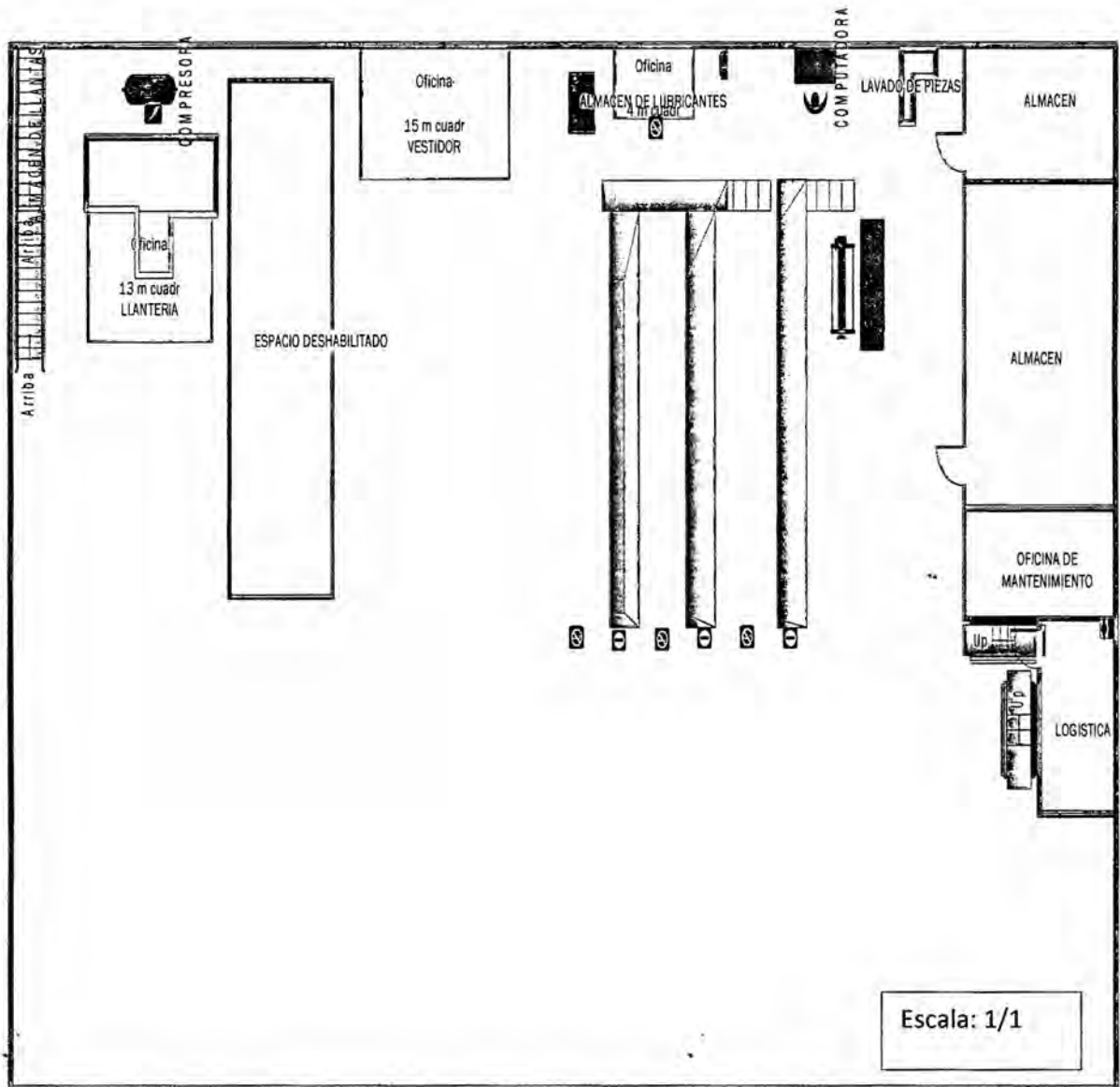


Figura N° 4

Fuente: Propia



### **III. ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR LA EMPRESA**

#### **3.1. Transporte urbano (lima)**

- Inversiones y Representaciones Polo S.A.C..... Ruta IM-03
- Consorcio Vía ..... Ruta EM-39
- Santa Rosa de Lima ..... Ruta IM-33

#### **3.2. Transporte de personal**

- Unidad Minera Raura – Oyon.
- Unidad Minera Iscaycruz – Oyon.
- Unidad Minera Yauliyacu – Casapalca.
- Unidad Minera Chinalco - Morococha.

### **IV. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO DE INGENIERÍA**

#### **4.1. Descripción del tema**

El presente trabajo de experiencia laboral abarca la implementación de un programa de mantenimiento proactivo aplicando micro filtrado y coalescencia de aceites en motores para los ómnibus del grupo empresarial Polo, este programa consiste en alargar la vida del motor y disminuir los cambios de aceite principalmente. Además, posee otros beneficios como reducir los costos de mantenimiento de una empresa, puesto que los

mantenimientos de los buses son rutinarios y es uno de los mayores costos que una empresa de transportes tiene que asumir.

El grupo empresarial Polo implementará el programa en una cantidad de buses que conoceremos en el desarrollo del proyecto, cabe resaltar que anteriormente existía un desconocimiento acerca de los beneficios de este programa y el propósito fundamental es conocer más y obtener resultados satisfactorios para posteriormente insertarlo en todos los buses del grupo Polo. Por tal motivo, se evaluará cada resultado examinando las muestras de aceites que sacaremos de los buses cada cierto tiempo para identificar elementos que estén presentes y puedan afectar al motor. También, se establecerá un rango condenatorio que nos ayudara a saber cuántas horas o kilómetros puede durar el mismo aceite en el motor.

En síntesis, el presente trabajo de experiencial analizará los aspectos más relevantes y los beneficios que este programa de mantenimiento proactivo tiene para el grupo empresarial Polo, enmarcado el estudio hacia la investigación empírica, con una finalidad aplicada y con un enfoque de tipo cuantitativo.

#### **4.2. Antecedentes**

Un primer informe corresponde a Unicon (2003), quien realizó la: "Implementación de grasa especial con lubricante EHL "DuraOil SB3". En este trabajo se manejaron teorías sobre nuevas tecnologías de lubricación.

El proceso de implementación se enmarcó dentro de un proyecto factible. Dos fueron los lugares elegidos para poner a prueba grasa DuraOil SB3, en el cual el engrase se realizaba semanal cada 50 horas. Los resultados parciales obtenidos de la prueba grasa DuraOil SB3 fueron reveladores, ya que en el primer lugar que se realizó el engrase permaneció con la grasa durante 2 meses y 10 días, a su vez, el segundo lugar llegó a los dos meses; es decir, los engrases al año se reducen, por ende el costo de mantenimiento y mano de obra disminuye significativamente. Gracias a las propiedades de DuraOil SB3 los tiempos de engrase se pueden espaciar.

Esta implementación se relaciona con el presente informe de experiencia laboral, ya que propone una nueva tecnología de lubricación. En este caso se trata de aceite para el motor, se buscará alargar los mantenimientos de los buses del Grupo Empresarial Polo.

Un segundo informe de la Minera Yanacocha(2009), se denomina: "Proyecto de mejora PALAS HITACHI". Las máquinas sometidas a este proyecto fueron 8 PALAS, de las cuales 6 palas eran modelo EX5500 que poseían dos motores principales Cummins y 2 palas eran modelo EX2500 que poseían un solo motor principal Cummins. En esa oportunidad se aplicó el modificador de fricción DuraOil SB3 a los 14 motores.

Este informe demostró que DuraOil SB3, ya sea grasa o aceite, logra resultados favorables. Los motores HITACHI redujeron su desgaste por fricción considerablemente y en comparación con las pruebas sin aditivo

DuraOil SB3 no se observa las partículas ferrosas en el cual superaban los parámetros establecidos. En consecuencia, se logró reducir costos de mantenimiento y mano de obra.

Un tercer trabajo de la Minera Barrick (2010), lleva por título: "Implementación de DuraOil SB3". Se aplicó a unidades, uno de motor diésel de camión Komatsu 730E y otro de motor diésel de camión Cat 785C. En el primer motor Komatsu, se apreció la presencia excesiva de Hierro antes de aplicarse DuraOil SB3, luego de añadir el aditivo se disminuyó las partículas ferrosas y además el aceite de motor alcanzó 2100 horas de trabajo. En el segundo moto Cat, al igual que en el primer motor, luego de aplicarse el aditivo se redujo la presencia del hierro y hollín. Además el aceite motor alcanzó las 1600 horas de trabajo con el mismo aceite.

Se tomaron como referencia los trabajos similares desarrollados en un principio para "LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PROACTIVO APLICANDO MICROFILTRADO Y COALESCENCIA" para disminuir los elementos contaminantes presentes en el aceite, entre otras cosas más.

Arias-Paz (2000) afirma:

Una superficie metálica, por muy pulimentada que esté y aunque parezca lisa y suave a simple vista, presenta una serie de asperezas y rugosidades que repercuten en el rendimiento y vida de las superficies que están en contacto con ella, si esas asperezas frotan unas contra otras o se presionan al entrar en contacto como ocurre en los cojinetes en las maquinas, se ensamblan, desgarran y trituran, de tal modo que el rozamiento desgasta rápidamente el material. Este

fenómeno absorbe tal cantidad de energía, con producción de calor, que la temperatura se eleva con rapidez, lo que lleva al agarrotamiento de las piezas móviles, por excesiva dilatación o por fundirse las rugosidades de las superficies metálicas.

Como menciona Arias se busca la necesidad de contraer esos desgastes es por eso que desde muchos años se ha utilizado los lubricantes para contrarrestar ese frotamiento de metales que existe en el motor y en otros sistemas.

El estudio tiene como objetivo reducir los costos de mantenimiento; es decir, también ayudara a disminuir el presupuesto económico dirigido al Área de Mantenimiento del Grupo Empresarial Polo. Además, Los objetivos específicos están orientados hacia la necesidad de información de indicadores que establezcan los límites de los elementos contaminantes para no generar daños al motor.

#### **4.3. Planteamiento del problema**

¿Qué se obtendrá implementando un programa de mantenimiento proactivo aplicando micro filtrado y coalescencia de aceites en motores para los ómnibus del grupo empresarial Polo?

#### **4.4. Justificación**

En la actualidad, muchos empresarios de transportes buscan la forma de optimizar recursos para obtener más ganancias, esta vez nos enfocaremos en el grupo empresarial Polo que ha utilizado diferentes marcas de aceites con un valor agregado que dicen alargar la vida del motor y

disminuir los cambios de aceite; sin embargo, se logra reducir en pequeñas proporciones los costos de mantenimiento. Por eso, se busca con la implementación de un programa de mantenimiento proactivo aplicando micro filtrado y coalescencia de aceites en motores para el grupo empresarial Polo obtener mayores beneficios para el motor y aumentar las ganancias netas para el grupo. Por un lado, entendemos por micro filtrado el proceso por el cual un filtro instalado en el bus evita que las pequeñas partículas contaminen el aceite del motor. Por otro lado, se comprende por coalescencia la aplicación de DURA OIL SB3, que es un lubricante especial modificador y reductor del coeficiente de fricción del metal, al aceite normal que se utilizan en los cambios rutinarios del motor.

Este trabajo es importante porque nos permite analizar y dar a conocer los beneficios de este programa para el grupo. Los datos de los análisis de aceite se utilizarán para ampliar el programa de mantenimiento proactivo en todos los buses del grupo empresarial; además, para desarrollar otros programas que no solo involucren al motor, sino al sistema de transmisión.

En síntesis, se considera que es de suma importancia conocer y aprovechar todos los beneficios que se pueden obtener de este programado que aplica micro filtrado y coalescencia de aceites, ya que si se logra un resultado óptimo de dicho programa se puede generar beneficios a un largo y corto plazo para las inversiones posteriores que se puedan hacer en la

adquisición de futuras empresas en el sector de transportes y aplicar estos programas desde un principio.

#### **4.5. Marco teórico**

##### **4.5.1. Motor de combustión interna encendido por chispa**

También se les conoce como motores a gasolina o "motor de ciclo Otto", denominación que proviene del nombre de su inventor el alemán Nikolaus August Otto (1832-1891).

Arias- Paz (2000) afirma:

"El combustible de un motor Otto es la gasolina, esto es: hidrocarburos ligeros de elevado poder calorífico, que se evaporan fácilmente. En un motor el pistón se encuentra ubicado dentro del cilindro, cuyas paredes le restringen el movimiento lateral, permitiendo solamente un desplazamiento lineal alternativo entre el punto muerto superior (PMS) y el punto muerto inferior (PMI); a dicho desplazamiento se le denomina carrera. Pueden usarse también combustibles gaseosos o asimismo gas licuado, pero su empleo es menos práctico y, por ello, mucho menos difundido. Los motores Otto pueden ser alimentados por carburación o por inyección. En este segundo caso, el combustible se mezcla al aire inyectándolo en el conducto de aspiración en la toma de la válvula, o bien directamente en la cámara de combustión; con todo, este último método es el menos empleado. La alimentación por inyección del motor Otto tiene la ventaja, en el caso de los motores pluricilíndricos, de distribuir de manera uniforme el combustible en los diversos cilindros, de no ser sensible a la aceleración y de no estar sujeto a formaciones de hielo, pero es más complicada y costosa, especialmente por lo que respecta a la regulación y, por ello, no ha tenido todavía una gran difusión. El ciclo de trabajo de un motor Otto de cuatro tiempos."

Las partes de un motor a gasolina se mostraron en la figura siguiente.

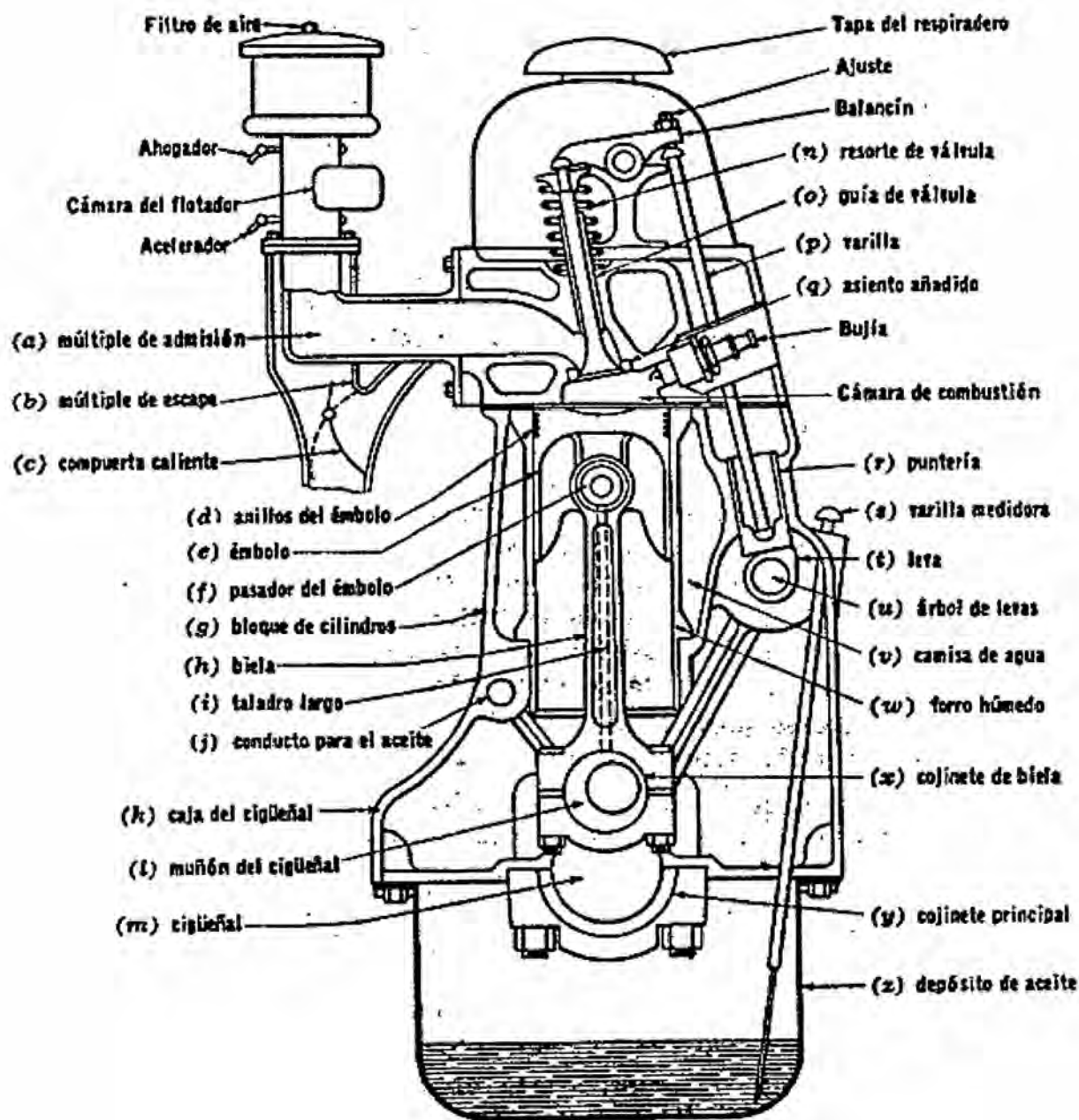


Figura N° 5

Fuente: Funcionamiento de un motor de combustión interna [En línea]  
 Multiservicios Gerar Motor's. [Fecha de acceso miércoles 17 de octubre  
 del 2011]. URL disponible en:  
[http://multiserviciosgerarmotors.blogspot.com/2012\\_10\\_01\\_archive.html/](http://multiserviciosgerarmotors.blogspot.com/2012_10_01_archive.html/)



El ciclo de trabajo de un motor Otto de cuatro tiempos, se puede representar gráficamente, tal como aparece en las ilustraciones siguientes:

- **Primer tiempo: admisión.**

El pistón desciende desde el P.M.S. al P.M.I. La válvula de admisión se mantiene abierta y la de escape cerrada.

Se crea en el cilindro un vacío o aspiración, que permite que se llene de mezcla de aire y gasolina en forma de gas. (PAZ, 2000)

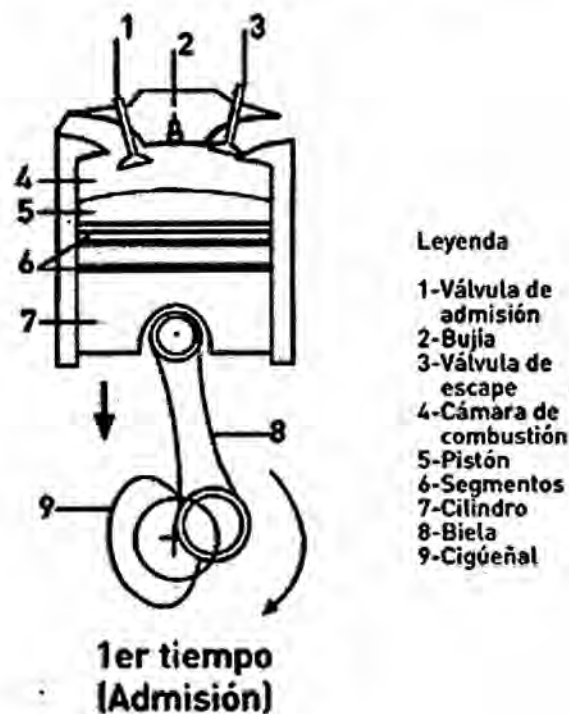


Figura N° 6

El Motor de cuatro tiempos [En línea]. Gas natural Frenosa. [Fecha de acceso 24 de noviembre del 2015]. URL disponible en: <http://www.empresaeficiente.com/es/catalogo-de-tecnologias/motores-alternativos-a-gas#ancla>

- **Segundo tiempo: compresión**

El pistón asciende del P.M.I. al P.M.S. Las dos válvulas están cerradas.

Los gases se comprimen hasta dejar reducido su volumen al de la cámara de compresión, adquiriendo una presión y una temperatura ideal para producir la explosión. (PAZ, 2000)

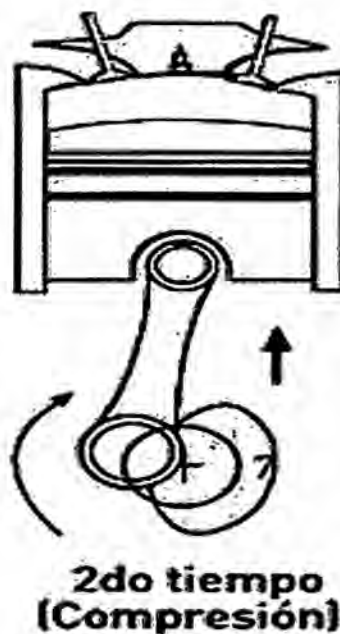


Figura N° 7

Fuente: El Motor de cuatro tiempos [En línea]. Gas natural Frenosa. [Fecha de acceso 24 de noviembre del 2015]. URL disponible en: <http://www.empresaeiciente.com/es/catalogo-de-tecnologias/motores-alternativos-a-gas#ancla>

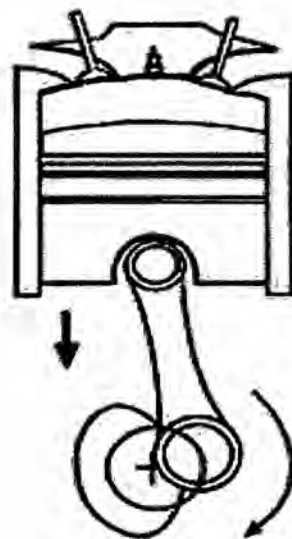
- **Tercer tiempo: explosión.**

Salta una chispa en la bujía, se inflaman los gases y aparece un considerable aumento de presión, recibiendo el pistón un gran esfuerzo que le hace descender enérgicamente desde el P.M.S. al P.M.I.

Las válvulas, durante este tiempo, se han mantenido cerradas.

A este tiempo se le llama tiempo motor o de trabajo, pues en él se consigue la fuerza que realmente moverá al vehículo.

En el momento de quemarse, la presión de los gases alcanza y supera los 45 Kg/cm<sup>2</sup>. La temperatura de estos gases puede superar los 950° C. (PAZ, 2000)



**3er tiempo  
(Expansión)**

Figura N° 8

Fuente: El Motor de cuatro tiempos [En línea]. Gas natural Frenosa.  
[Fecha de acceso 24 de noviembre del 2015]. URL disponible en:  
<http://www.empresaeiciente.com/es/catalogo-de-tecnologias/motores-alternativos-a-gas#ancla>

▪ **Cuarto tiempo: escape.**

El pistón asciende desde el P.M.I. al P.M.S.

La válvula de escape se abre y la admisión se mantiene cerrada.

Durante este tiempo se produce la expulsión de los gases quemados en la explosión, dejando libre el cilindro para la admisión de una nueva cantidad de mezcla. (PAZ, 2000)

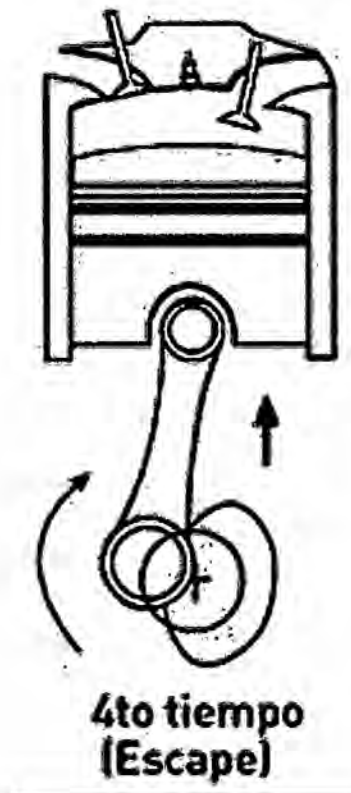


Figura N° 9

Fuente: El Motor de cuatro tiempos [En línea]. Gas natural Frenosa.  
[Fecha de acceso 24 de noviembre del 2015]. URL disponible en:  
<http://www.empresaeiciente.com/es/catalogo-de-tecnologias/motores-alternativos-a-gas#ancla>

#### 4.5.2. Motor de combustión interna encendido por compresión

Un motor diesel utiliza gasóleo. Genera una elevada potencia a velocidades bajas y tiene una sólida estructura. La eficiencia de su combustible es mejor que la de un motor de gasolina.

A diferencia del motor a gasolina, el motor diesel no dispone de un sistema de encendido. En su lugar, el combustible a alta presión se inyecta en aire que está a alta presión y elevada temperatura para generar el auto encendido del combustible.

El ciclo de trabajo de un motor diesel de cuatro tiempos, se puede representar gráficamente.

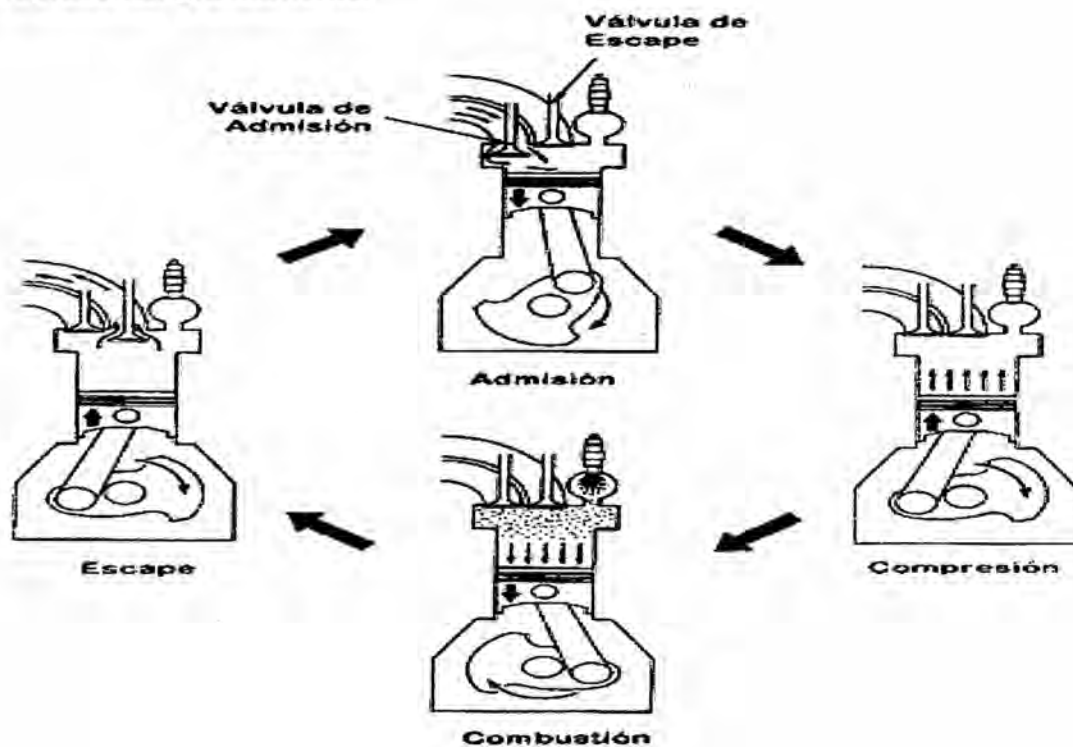


Figura N° 10

Fuente: Mecánica del motor, conocimientos básicos [En línea]. Coches.net. [fecha de acceso 28 de abril del 2011]. URL disponible en: [http://debates.coches.net/showthread.php?57611-Mec%20nica-del-motor-\(II\)-conocimientos-b%20sicos-\(continuaci%20n\)/>](http://debates.coches.net/showthread.php?57611-Mec%20nica-del-motor-(II)-conocimientos-b%20sicos-(continuaci%20n)/>)

#### 4.5.2.1. Cámara de Combustión

La cámara de combustión consta de un espacio que se ha creado entre el pistón, el bloque de cilindro y la culata.

El motor diesel se basa en el autoencendido del calor comprimido, de la toma de aire para originar la combustión, lo cual requiere un elevado volumen de aire. Por lo tanto, no dispone de mariposa del acelerador.

El motor de gasolina controla su potencia de salida mediante una mariposa del acelerador que regula el volumen de la mezcla de aire y combustible que se introduce en el motor.

Por lo contrario, el motor diesel controla su potencia de salida regulando el volumen de inyección de combustible. Esto debe a que no dispone de mariposa del acelerador y a que su volumen de aire de entrada es constante.

De igual manera, cuando el conductor aprieta el pedal del acelerador de un vehículo con motor diesel, aumenta el volumen de combustible que se inyecta en los cilindros, lo cual aumenta la potencia de salida del motor.

#### **4.5.2.2. Turbo Compresor**

El turbo compresor tiene como misión aprovechar la energía residual de los gases de escape, tanto de presión como de temperatura para introducir más aire dentro del cilindro, consiguiendo una mejora volumétrica o mezcla de alta densidad. (CHILTON, 2004)

Esta transformación energética de térmica a mecánica se produce en lo que se llama la turbina, cuando se pretende alimentar un motor de una determinada cilindrada, el volumen de aire que hay que introducir será función de las revoluciones.

Estas turbinas de acción, la conversión de la energía de presión a velocidad se genera en los alabes fijos y en el fluido una vez acelerado, con menos presión, el que impacta sobre los alabes de la turbina, donde aquí ceden su energía arrastrando la misma. Se muestra en el siguiente gráfico:

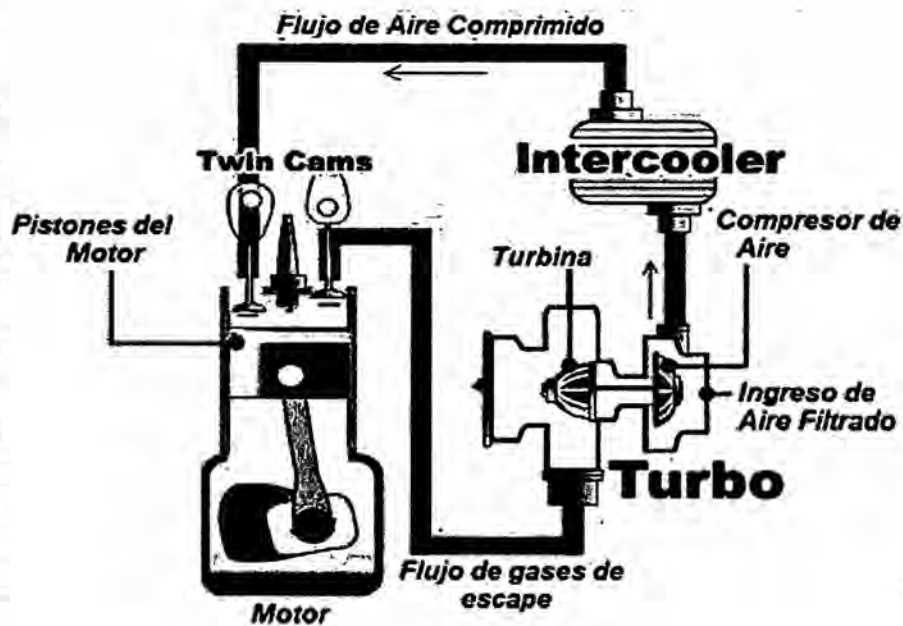


Figura N° 11

Fuente: La sobrealimentación [En línea]. Autos y coches. [Fecha de acceso 21 de Noviembre del 2011]. URL disponible en: <http://www.taringa.net/posts/autos-motos/13807778/Para-que-sirve-un-turbo.html/>

#### 4.5.3. Principales sistemas del motor

Entre los sistemas más importantes que garantizan el funcionamiento del motor tenemos los siguientes.

#### 4.5.3.1. Sistema de Admisión y Escape

El sistema de admisión proporciona el volumen necesario de aire limpio al motor. Mientras que el sistema de escape expulsa a la atmósfera los gases de escape producidos en la combustión. (TECNICA, 2002)

Se encarga de eliminar los gases nocivos del motor reduciendo asimismo los sonidos producidos en la combustión. Se muestra en el siguiente gráfico:

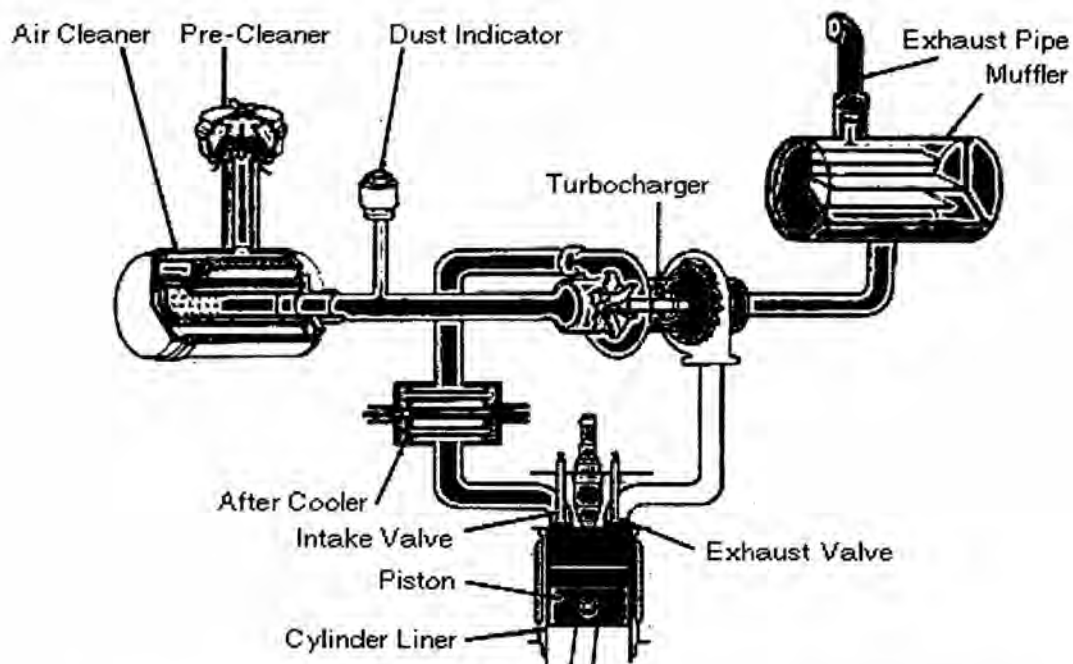


Figura N° 12

Fuente: La sobrealimentación [En línea]. Autos y coches. [Fecha de acceso 21 de Noviembre del 2011]. URL disponible en: <http://www.taringa.net/posts/autos-motos/13807778/Para-que-sirve-un-turbo.html/>

#### 4.5.3.2. Sistema de Combustible

El sistema de combustible del motor diesel inyecta combustible altamente presurizado a una presión de 1000 a 3000 atm en la cámara de



combustión en la que se ha comprimido aire a una elevada presión. Esto requiere equipamiento especial que no se utiliza en el motor de gasolina.

Se muestra en el siguiente gráfico:

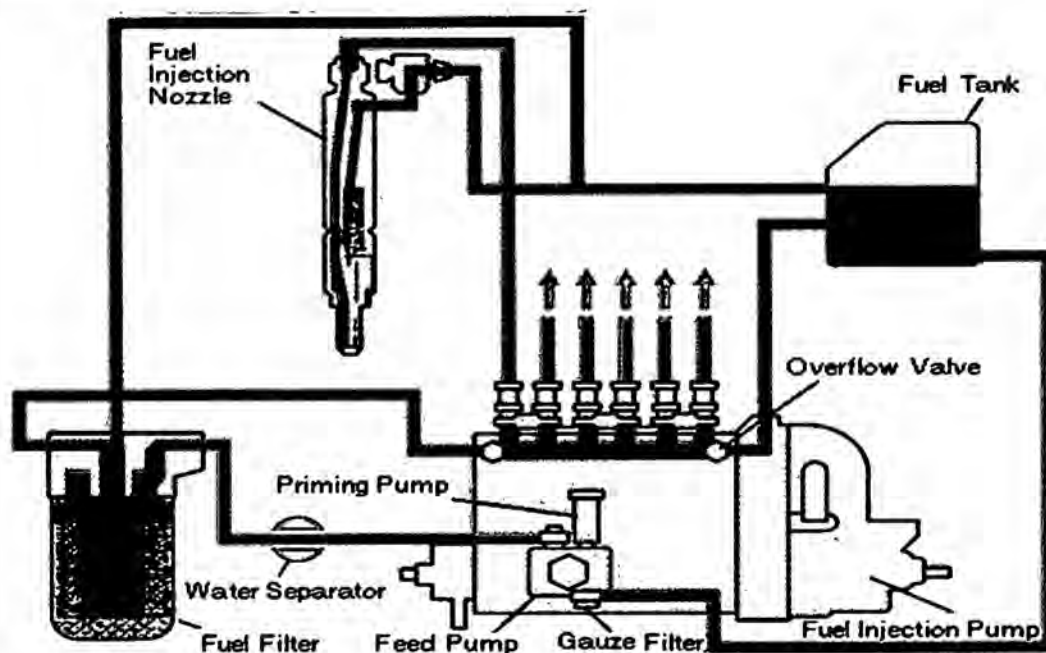


Figura N° 13

Fuente: La sobrealimentación [En línea]. Autos y coches. [Fecha de acceso 21 de Noviembre del 2011]. URL disponible en: <http://www.taringa.net/posts/autos-motos/13807778/Para-que-sirve-un-turbo.html>

#### 4.5.3.3. Sistema de Refrigeración

El sistema de refrigeración regula la temperatura del motor en un nivel óptimo de 80 a 90 °C temperatura ambiente, haciendo circular el refrigerante a través del motor. (TECNICA, 2002)

El ventilador de refrigeración enfría el refrigerante del radiador, y la bomba de agua hace circular el refrigerante a través de la culata y del bloque de cilindro. Se muestra en el siguiente gráfico:

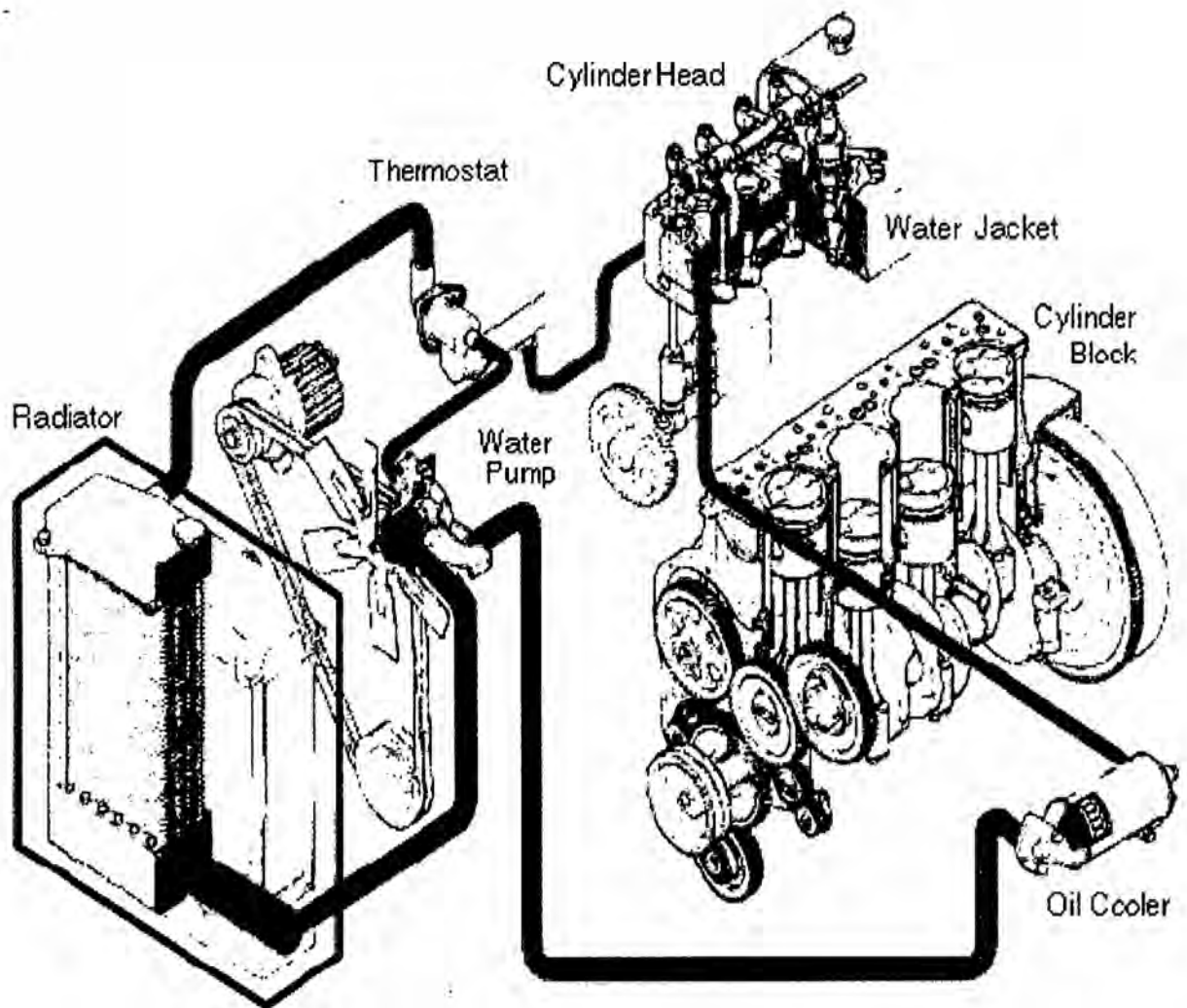


Figura N° 14

Fuente: La sobrealimentación [En línea]. Autos y coches. [Fecha de acceso 21 de Noviembre del 2011]. URL disponible en: <http://www.taringa.net/posts/autos-motos/13807778/Para-que-sirve-un-turbo.html/>

#### 4.5.3.4. Sistema de Lubricación

El sistema de lubricación utiliza una bomba de aceite para suministrar de forma continua el aceite del motor por todo el interior. Este sistema reduce la fricción entre las piezas, gracias a una fina película de aceite. Si el motor se queda sin aceite, es probable que funcione de forma

deficiente o incluso que llegue a fundirse. Además de la lubricación el aceite del motor enfría y limpia el motor. Se muestra en el siguiente gráfico.

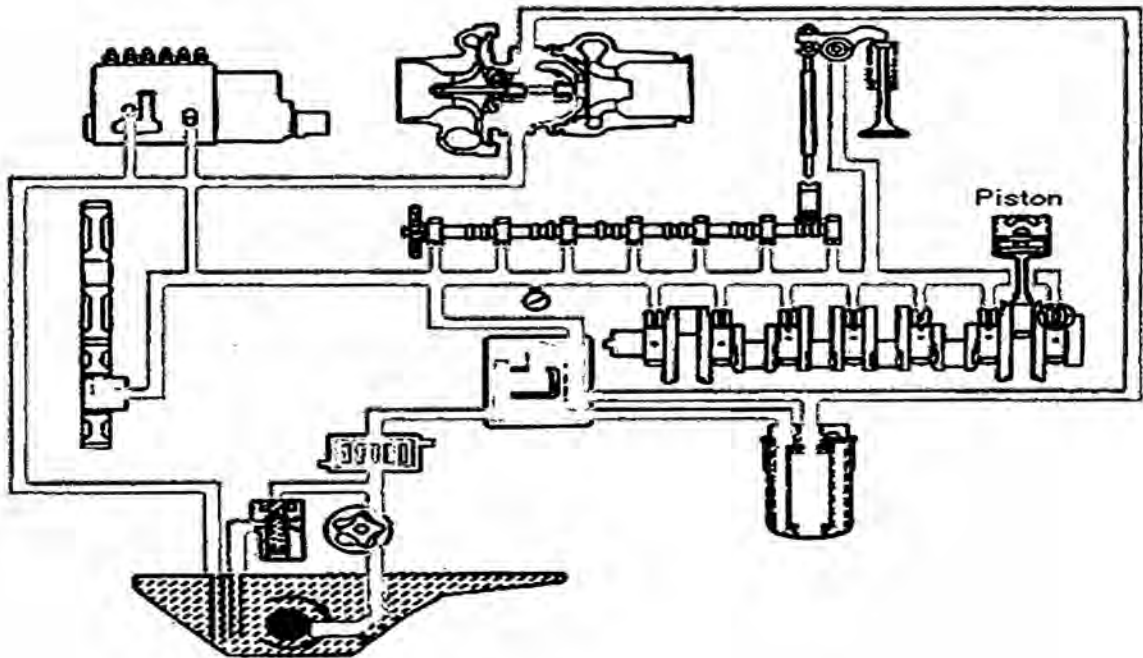


Figura N° 15

Fuente: Refrigeración [En línea]. Mecánica del automóvil. [Fecha de acceso 28 de noviembre del 2011]. URL disponible en: <http://www.almuro.net/sitios/Mecanica/refrigeracion.asp?sw07=1/>

#### a) Funciones del sistema de lubricación o engrase.

Las funciones principales del sistema de lubricación o engrase son: limpieza, enfriamiento o refrigeración, lubricar y sellar, proteger contra la corrosión y herrumbre. (ARANA, 2005)

##### ✓ Limpieza:

El aceite limpia las piezas y acarrea las partículas metálicas dañinas que se forman durante la operación normal del motor.

✓ Enfriamiento o refrigeración:

Durante el funcionamiento normal del motor, fuentes de calor tales como: el calor de combustión y el calor generado por la fricción, tienden a provocar un recalentamiento. El aceite lubricante al circular absorbe parte de este calor y lo disipa al exterior a través del cárter del motor.

✓ Lubricar y sellar:

El aceite forma una película delgada de capas entre superficies de las piezas que se mueven con el fin de separarlas. Esto impide el contacto de los metales entre sí, lo que causa desgaste excesivo.

✓ Definición de grasa:

Es un compuesto sólido o semisólido, obtenido por la dispersión de un agente espesante, normalmente jabón metálico ó arcilla para alta temperatura, en un aceite mineral ó sintético.

Está compuesto por: 90% de aceite + aditivos y 10% de espesante.

✓ Proteger contra la corrosión y herrumbre:

En la combustión del petróleo, el azufre y otros compuestos que contienen, dan origen a ácidos altamente corrosivos. El aceite lubricante debe neutralizar estos ácidos, evitando que ellos puedan corroer interiormente el motor.

El aceite lubricante debe proteger también las partes metálicas contra herrumbre provocado por el agua o la humedad.

## **b) Propiedades del aceite lubricante.**

Para que el aceite pueda ejercer sus propiedades de lubricación y protección, hay que considerar, también los aditivos en el aceite, pues las características finales de rendimiento dependen del aceite base y de los aditivos que se utilizan.

### ✓ Viscosidad:

La viscosidad es una de las propiedades más críticas del aceite, se refiere al espesor del aceite o a su resistencia al movimiento uniforme de su masa. Cuanto más viscoso o espeso es un aceite, más gruesa será la película de aceite que forme. Cuanto más gruesa sea la película de aceite, mejor permanecerá en la superficie que está lubricando. (ARANA, 2005)

Sin embargo, si el aceite es demasiado espeso a temperaturas bajas habrá demasiada resistencia al movimiento uniforme de su masa y, por lo tanto, no podrá fluir lo suficientemente rápido como para alcanzar las piezas que requieren lubricación, por eso, es vital que el aceite tenga la viscosidad apropiada, tanto en la más alta como en la más baja temperatura que va operar el motor.

### ✓ Aditivos: Los aditivos fortalecen o modifican ciertas características del aceite base para permitir que alcance ciertos requisitos que están más allá de sus propiedades básicas. (ARANA, 2005).

### **c) Clasificación de lubricantes**

La clasificación de aceites, grasas y lubricantes se hace de acuerdo con los estándares desarrollados y recomendados por el *American Petroleum Institute (API)*, la *Society Of Automotive Engineers (SAE)* y la *National Lubricating Grease Institute (NLGI)*.

Los aceites para motores se clasifican por su número SAE, que indica la viscosidad, como ejemplo se tiene el SAE 30, un grado simple de aceite y el SAE 5W-40, un aceite lubricante 100% sintético de alto rendimiento para motores de elevada potencia a gasolina, GLP y diesel, con o sin turbo, catalizadores o no.

- ✓ El aceite sintético nos ofrece las siguientes propiedades:
  - Ahorra combustible al reducir las pérdidas por fricción.
  - Proporciona un excelente control de la viscosidad y limpieza del motor a cualquier temperatura.
  - Ofrece la mejor estabilidad térmica, la mejor fluidez a bajas temperaturas y el mejor rendimiento del motor.
  - Presenta baja tendencia al consumo de aceite y está recomendado particularmente por los motores más potentes de última generación.

El aceite lubricante una vez cumplido con su tiempo de trabajo, recomendado por el fabricante, es llevado al laboratorio para su análisis.

Realizar el análisis de aceite sirve para cooperar en el mantenimiento adecuado del equipo, su respectivo control de costos y evaluación de de rendimiento.

Este análisis puede dar una imagen de la condición de la unidad en el momento del muestreo.

#### 4.5.4. Del proyecto de mejora

Nuestra propuesta de mejora fue dirigida a los motores de los buses de transporte del grupo Empresarial POLO.

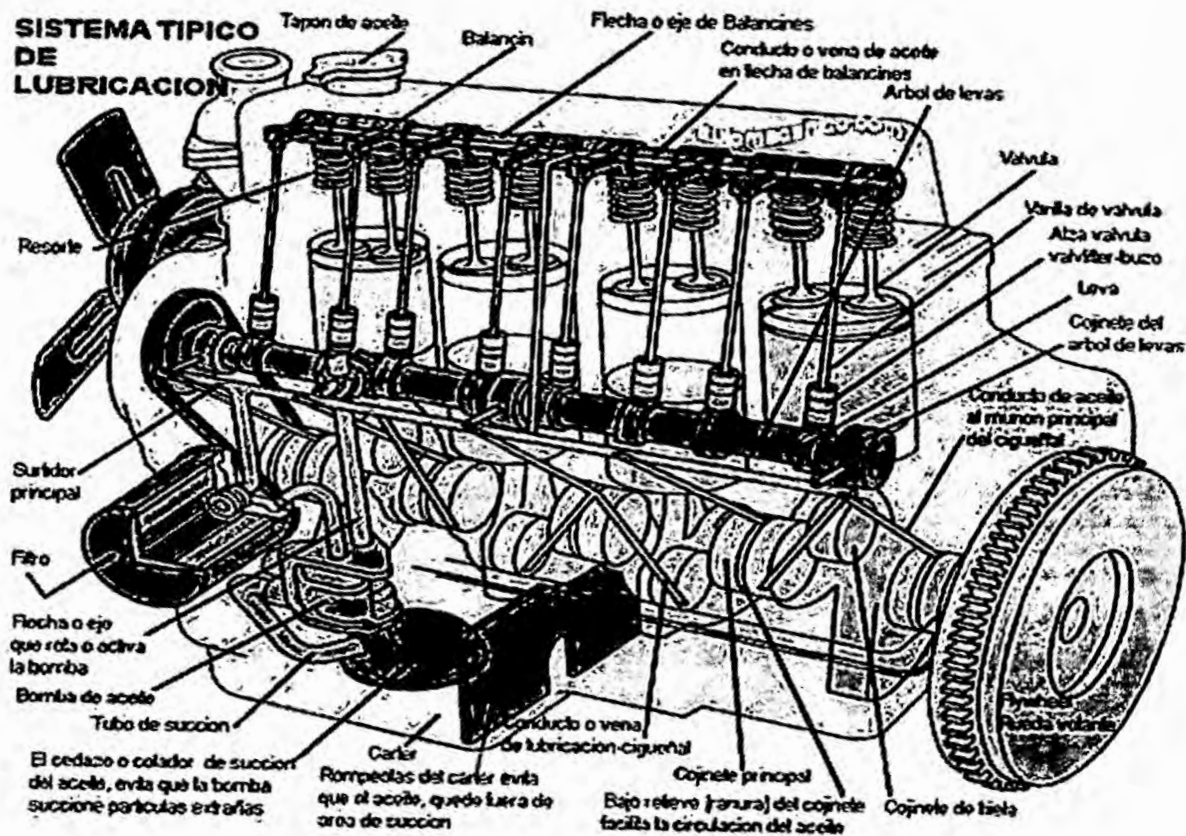


Figura N° 16

Fuente: Elementos del sistema de lubricación del motor diesel. [En línea]. Circuit race cars barcelona. [Fecha de acceso 19 de abril del 2011]. URL disponible en: <<http://circuit-racecars.blogspot.com/2014/04/elementos-del-sistema-de-lubricacion.html/>>

En el componente Motor generamos mejoras proactivas en el Régimen del sistema de lubricación.

#### 4.5.5. Régimen de lubricación

El régimen de lubricación de un motor está conformado por el siguiente gráfico.

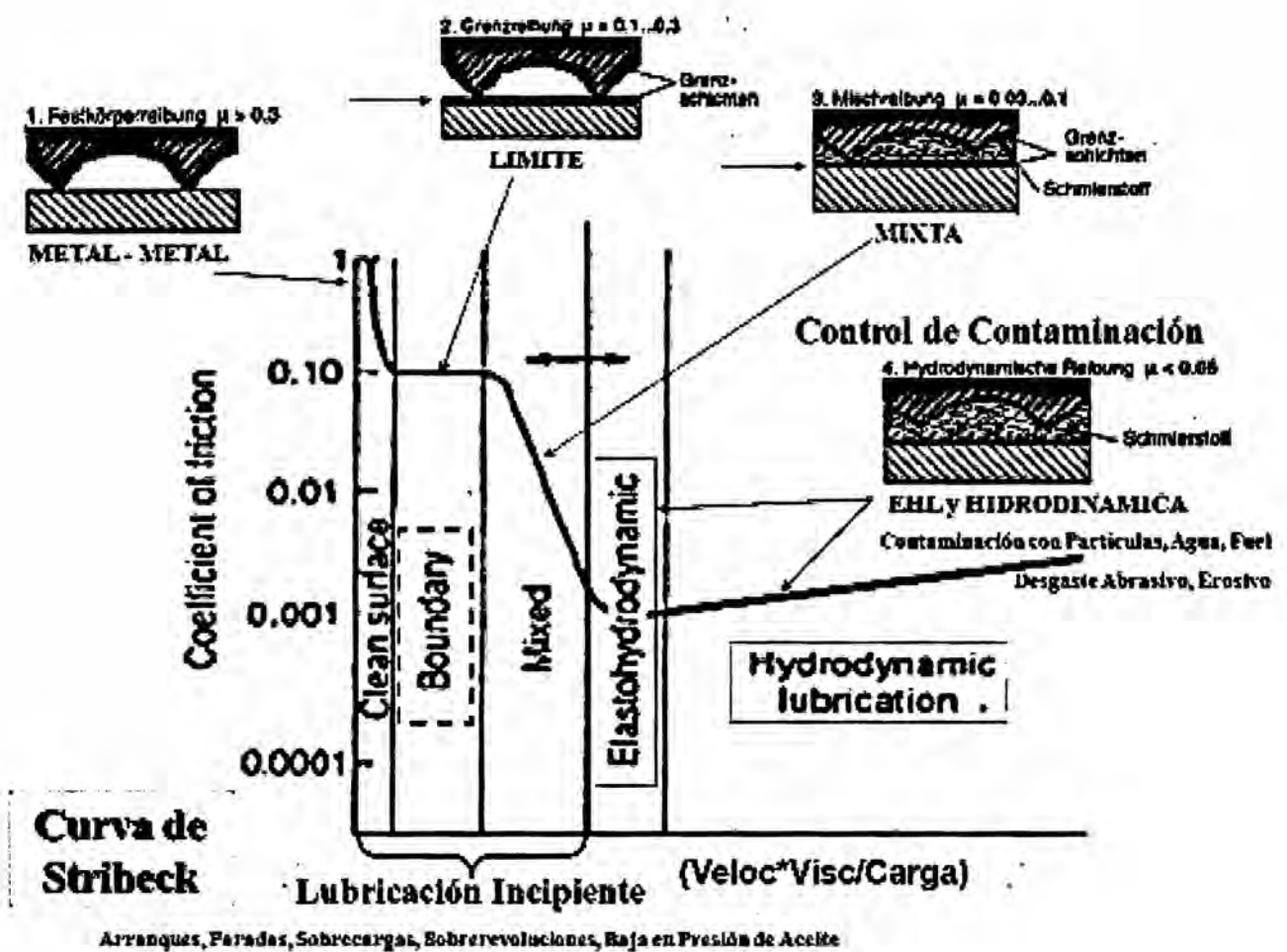


Figura N° 17

Fuente: Viscosidad. [En línea]. Donaldson filtration solutions. [fecha de acceso 20 de agosto del 2011]. URL disponible en: <http://www.widman.biz/Análisis/viscosidad.html/>



Este régimen de Lubricación lo experimentó y definió el Científico Alemán Richard Stribeck (1861 – 1950), quien en 1902, luego, de cientos de pruebas en un rodamiento pudo encontrar consistentemente una curva en un plano X-Y donde:

En el Eje X se genera en función de estas tres (03) variables:

- i) Velocidad.- Son las rpm o m/s de los componentes internos en movimiento relativo.
- ii) Viscosidad.- Es el nivel de viscosidad del lubricante que separa a las superficies de contacto.
- iii) Carga.- Son las condiciones de operación a las que debe resistir los componentes o partes internas del componente.

El Eje Y de la curva de Stribeck está representado por el Coeficiente de Fricción (f).

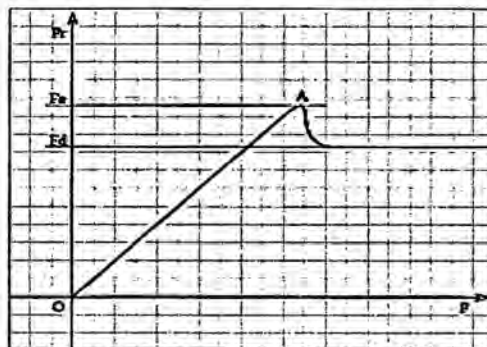
#### **4.5.5.1. Descripción de los Diferentes Regímenes de Lubricación**

Se pueden describir cinco (05) escenarios muy marcados del régimen de lubricación, los Tres (03) primeros están ubicados en la zona llamada de Régimen INCIPIENTE, donde existen los mayores riesgos de desarrollar tasas de desgaste muy altas debido a la no formación en su Totalidad de la Película Lubricante. (ARANA, 2005)

Las siguientes dos zonas se definen como dos (02) tipos de películas lubricantes puras que se generan en los componentes del sistema de lubricación. A continuación la descripción de cada una de ellos:

a) **El régimen de estado Metal-Metal.**- Es cuando la maquina está detenida, no hay velocidad y por ende no existe formación de película lubricante. Este punto es de máximo nivel de coeficiente de fricción en todo el régimen de lubricación ya que interactúan los coeficientes de fricción estática de los metales. (AMF, Dura Oil SB3, 2010)

**COEFICIENTES DE FRICCION**  
**Fricción Estática**  
**Fricción Dinámica**



**Coefficientes de rozamiento de algunas sustancias**

Materiales en contacto	$\mu_e$	$\mu_d$
Articulaciones humanas	0,02	0,003
Acero // Hielo	0,03	0,02
Acero // Teflón	0,04	0,04
Teflón // Teflón	0,04	0,04
Hielo // Hielo	0,1	0,03
Esquí (encerado) // Nieve (0°C)	0,1	0,05
Acero // Acero	0,15	0,09
Vidrio // Madera	0,2	0,25
Caucho // Cemento (húmedo)	0,3	0,25
Madera // Cuero	0,5	0,4
Acero // Latón	0,5	0,4
Madera // Madera	0,7	0,4
Madera // Piedra	0,7	0,3
Vidrio // Vidrio	0,9	0,4
Caucho // Cemento (seco)	1	0,8
Cobre // Hierro (fundido)	1,1	0,3

Figura N° 18

Fuente: Coeficiente de rozamiento estático y dinámico [En línea]. El físico loco. [fecha de acceso 05 de setiembre del 2011]. URL disponible en: < <http://elfisicoloco.blogspot.com/2014/05/calculador-el-coeficiente-de-rozamiento.html/>>

b) **En régimen de Lubricación Límite (Boundary).**- Es cuando existe el movimiento relativo entre partes mecánicas y la película lubricante no existe, es un momento crítico para la maquinaria y el tiempo de permanencia en esta zona de lubricación es un factor clave para el desarrollo de una falla o que afecte y reduzca el ciclo de vida del componente. (AMF, Dura Oil SB3, 2010)

- c) La Lubricación Limite predomina bajo ciertas condiciones:
- i. Cuando la película de lubricante no es mayor al tamaño de la rugosidad compuesta entre las superficies de contacto.
  - ii. Cuando el equipo está sujeto a frecuentes arranques o paros, cargas de choque, cargas extremadamente altas o bajas velocidades.
  - iii. Los requerimientos de operación sugieren el uso de aceite de baja viscosidad, comprometiendo el control de fricción de algunos componentes del sistema.
- d) **En régimen de Lubricación Mixta.**- Es una combinación de lubricación Limite y la formación de la película lubricante. Es cuando las superficies sólo están parcialmente separadas, por lo que existe un contacto parcial entre las crestas de ambas superficies de fricción en movimiento relativo. Si bien aquí, también hay contacto metálico y, por lo tanto, desgaste, el mismo es menor que el de régimen de lubricación limite. (AMF, Dura Oil SB3, 2010)
- e) **En régimen de Lubricación Elasto Hidrodinámica.**- Es un régimen donde la película está formada y se ha separado las superficies de contacto. Esta película EHL (*Elasto Hidrodinamic Lubrication*) se forma en contactos rodantes en donde las superficies convergen sobre:

- Un punto (Rodamientos internos del motor).
- Una línea (Contacto entre dos dientes de engranajes del motor).

Este régimen de lubricación muy especial ya que la película lubricante es la más delgada y eficiente y no genera mayor consumo de energía. El fenómeno que ocurre en este tipo de película es que el metal de las superficies de contacto se deforma elásticamente siguiendo las propiedades de Esfuerzo-Deformación y en ese mismo instante de alta presión, la viscosidad del lubricante (Grasa o Aceite) aumenta para soportar la carga de operación.

Referencia: Observar el comportamiento de los patines donde los deportistas corren y saltan repetidas veces, sin embargo, la película lubricante de los rodamientos de los patines se mantiene intacto separando la pista de los rodamientos e impidiendo el desgaste.

Considerar que las películas lubricantes bajo régimen EHL tienen unas cuantas micras de espesor y siempre está latente de que ante un evento no deseado se pase al régimen de lubricación Mixta o Límite.

- f) Lubricación Hidrodinámica.-** Llamada Lubricación de película completa, la lubricación hidrodinámica es la separación de componentes mediante una "cuña" de aceite, la cual se produce hidrodinámicamente con el movimiento relativo e las partes mecánicas. Este régimen de Lubricación se da en partes como

Pistones, Cojinetes de Biela y Bancada, Cojinetes de Turbo, etc. La Lubricación Hidrodinámica no existe durante el arranque y se pierde en el momento de parar el equipo. (ARANA, 2005)

Referencia: Hay casos que durante el arranque se utilizan bombas auxiliares para generar presión interna y producir la película hidrodinámica antes del arranque, reduciendo el coeficiente de fricción.

Estas Curvas de Régimen de Lubricación (Curva de Stribeck) los diseña cada uno de los Fabricantes de Motores, ellos establecen los rangos de Velocidad del motor, la Viscosidad que debe llevar el aceite y, también los rangos máximos de Carga a los que puede ser sometido.

El no tener conocimiento Ingenieril del Régimen de Lubricación y su relación con el entorno Operacional, así como falta de conocimiento en técnicas apropiadas de Lubricación y Control de la Contaminación, puede llevar a riesgo la confiabilidad, seguridad del motor y generar altos niveles de tasa de desgaste o incluso generar falla catastrófica.

#### **4.5.6. Proyecto de control proactivo de la fricción del motor en todo su régimen de lubricación**

La estrategia de mantenimiento que implementamos en el proyecto es el de Mantenimiento Proactivo. Recordemos cada una de las actuales estrategias de mantenimiento:

## Estrategias de Mantenimiento

Maintenance Strategy	Human Body Parallel	Procedure
Proactive/Life Extension	Cholesterol and blood pressure monitoring	Control and monitoring of contamination to stop machine wear and performance loss before damage occurs.
Predictive	Heart disease detection using EKG, ultrasonics	Prediction and repair of equipment disorders discovered through nondestructive testing
Preventive	By-pass heart surgery	Parts replaced periodically, hoping to time repair before failure.
Reactive/Breakdown	Heart attack, death	Maintenance scheduled in response to equipment failure or performance loss.

Figura N° 19

Fuente: Mantenimiento herramienta fundamental para la empresa [En Línea]. Gestipolis. [fecha de acceso 14 de noviembre del 2011]. URL disponible en: <<http://www.gestipolis.com/administracion-estrategia-2/mantenimiento-herramienta-fundamental-empresa.htm>>

### 4.5.6.1. Mantenimiento Reactivo o a la Falla

Esta estrategia es utilizar el componente hasta que falle sin aplicar ningún tipo de mantenimiento. Se da casos como en plataformas petroleras donde tienen que ingresar Motores que van a operar sin aplicar ningún tipo de mantenimiento y se retiran cada 1500 horas (Dos Meses). Si antes Falla, se retira a reparación.

### 4.5.6.2. Mantenimiento Preventivo

Es una estrategia recomendada por el fabricante a la que periódicamente (Horas o Kilómetros), se detiene el equipo o motor para realizar cambio de partes e inspecciones generales. Esta estrategia generalmente es modificada por los usuarios de los equipos quienes

intenten reducir o ampliar el plan de mantenimiento preventivo según sea la condición de operación. (CHILTON, 2004)

#### **4.5.6.3. Mantenimiento Predictivo**

Es una estrategia para predecir y validar la correcta función del componente. Esta estrategia se basa en monitorear las condiciones de estado del componente o motor, midiendo variables que no son detectables por el sentido humano. Las variables de monitoreo más conocidas son: Análisis de Aceite, Temperatura, Vibraciones, Ruido, Emisiones de Gas, etc. (CHILTON, 2004)

#### **4.5.6.4. Mantenimiento Proactivo**

Es una estrategia que busca aplicar modernas técnicas de ingeniería que Controlen o Eliminen Causas Raíces de Falla en el componente o Motor.

Esta es la “Estrategia de Mantenimiento PROACTIVO” que implementamos en la flota de motores de los Buses del Grupo Empresarial POLO, para “MINIMIZAR el COEFICIENTE DE FRICCIÓN SOLIDA y LIQUIDA en TODO el RÉGIMEN DE LUBRICACIÓN”.

El Mantenimiento Proactivo utiliza técnicas especializadas para monitorear la condición de los equipos basándose fundamentalmente en el análisis de aceite para establecer el control de los parámetros de causa de falla. (ARANA, 2005)

Establece una técnica de detección temprana, monitoreando el cambio en la tendencia de los parámetros considerados como causa de

falla, para tomar acciones que permitan al equipo regresar a las condiciones establecidas que le permitan desempeñarse adecuadamente por más tiempo.

## Control Proactivo de Fricción Total

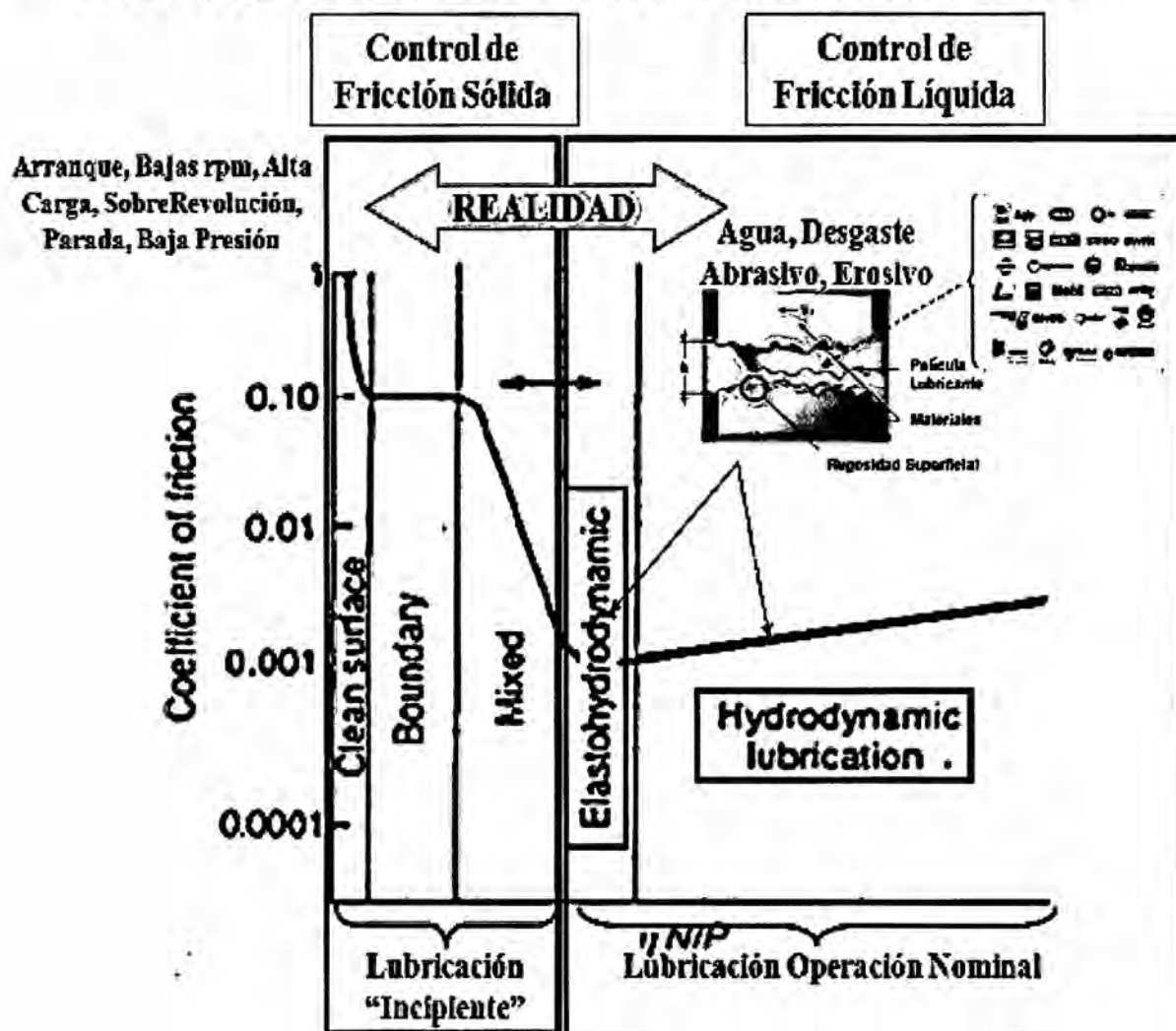


Figura N° 20

Fuente: Programa de mantenimiento [En línea]. Machinery lubrication. [fecha de acceso 24 de octubre del 2011]. URL disponible en: <[http://www.machinerylubrication.com/sp/ed\\_oct-nov\\_2006\\_loestavolviendoloco.asp](http://www.machinerylubrication.com/sp/ed_oct-nov_2006_loestavolviendoloco.asp)>



Está demostrado en la REALIDAD que un Motor que se encuentra con sus películas de aceite formadas (EHL o Hidrodinámica), repentinamente se pueden perder y pasar a Régimen de Lubricación INCIPIENTE, con el Riesgo de llevar a desgastes acelerados, o falla de componentes.

El mantenimiento proactivo está basado en tres principios Widman, R (1/10/2004):

- Mejorar los procedimientos antes de que causen fallas
- Evitar paradas del equipo para mantenimiento correctivo
- Aumentar el intervalo entre intervalos para mantenimiento preventivo

#### **4.5.6.5. Plan de Mantenimiento**

Estos programas consisten en lubricar, ajustar y ofrecer el remplazo de componentes pequeños para extender la vida del equipo. Un programa proactivo efectivo debe de incluir pruebas no destructivas, inspección periódica, procedimientos de mantenimiento pre-planeados y mantenimiento para corregir problemas encontrados durante las pruebas e inspección.

Al implementar un programa de mantenimiento proactivo, usted puede esperar

- Preservar el valor de sus bienes
- Mejorar y minimizar la utilización de energía
- Mejorar las condiciones de calidad y seguridad
- Incrementar la capacidad y el rendimiento

- Reducir el tiempo fuera de servicio de los equipos
- Refrescar el entrenamiento para los miembros del equipo de operaciones

#### **4.5.6.6. Coalescencia de Aceites**

La coalescencia es el proceso en el que dos dominios de fase de composición esencialmente idéntica entran en contacto para formar un dominio de fase mayor. Es decir que el aditivo que añadiremos al aceite común en proporción de 1/16 galón por cada galón de aceite al tamaño del motor se unificara obteniendo como resultado la reducción de fricción, en los metales al interior del motor, el aditivo forma una capa en alrededores del motor, haciendo que este alarga la vida del aceite y motor. (Amada, 2010)

#### **4.5.7. Proyecto de control de fricción sólida**

Esta estrategia Proactiva de Mantenimiento busca Controlar los Efectos Nocivos de un Alto Coeficiente de Fricción en el Régimen de Lubricación Incipiente (Sólida, Límite y Mixta). (Amada, 2010)

##### **4.5.7.1. Caso de Negocio**

Cuál es la Probabilidad en un (01) año de tener problemas en el MOTOR de la flota de Buses de Transporte por:

- Sobre revoluciones.
- Sobrecargas picos bruscos inesperados.
- Ciclos de Sobrecargas en el *round trip* del Bus.
- Ingreso de agua al sistema de lubricación.

- Dilución con petróleo y caída de viscosidad.
- Arranques con mínimo nivel de aceite o sin aceite.
- Arranque a baja temperatura con aceite muy viscoso.
- Arranques acelerados en frío.
- Contaminación cruzada, agregar aceite de transmisión o hidráulico al motor.
- Falla de bomba de aceite y caída de presión de lubricación.
- Accidentes de Buses que puede exponer al motor a pérdida de película lubricante en movimiento.

Para controlar proactivamente los efectos Dañinos de la Alta Fricción en los casos mencionados arriba, se utilizó un Lubricante Especial Modificador de Fricción del Metal. El nombre del producto es DURA OIL SB3.

#### **4.5.7.2. Concepto de Modificador de Fricción**

Es un compuesto molecular en base a Hidrocarburo que tiene una fuerte energía interna para Adherirse y anclarse a la superficie metálica creando una nano capa muy resistente que reduce el natural coeficiente de fricción del metal.

NOTA: Este producto Lubricante Dura Oil SB3, es la 3era. Generación de lubricantes especiales que no tiene Ninguna Propiedad para Mejorar al Aceite de Motor y tampoco tiene capacidad de Alterar las propiedades Químicas y Físicas del Aceite de Motor. (AMF, Dura Oil SB3, 2010)

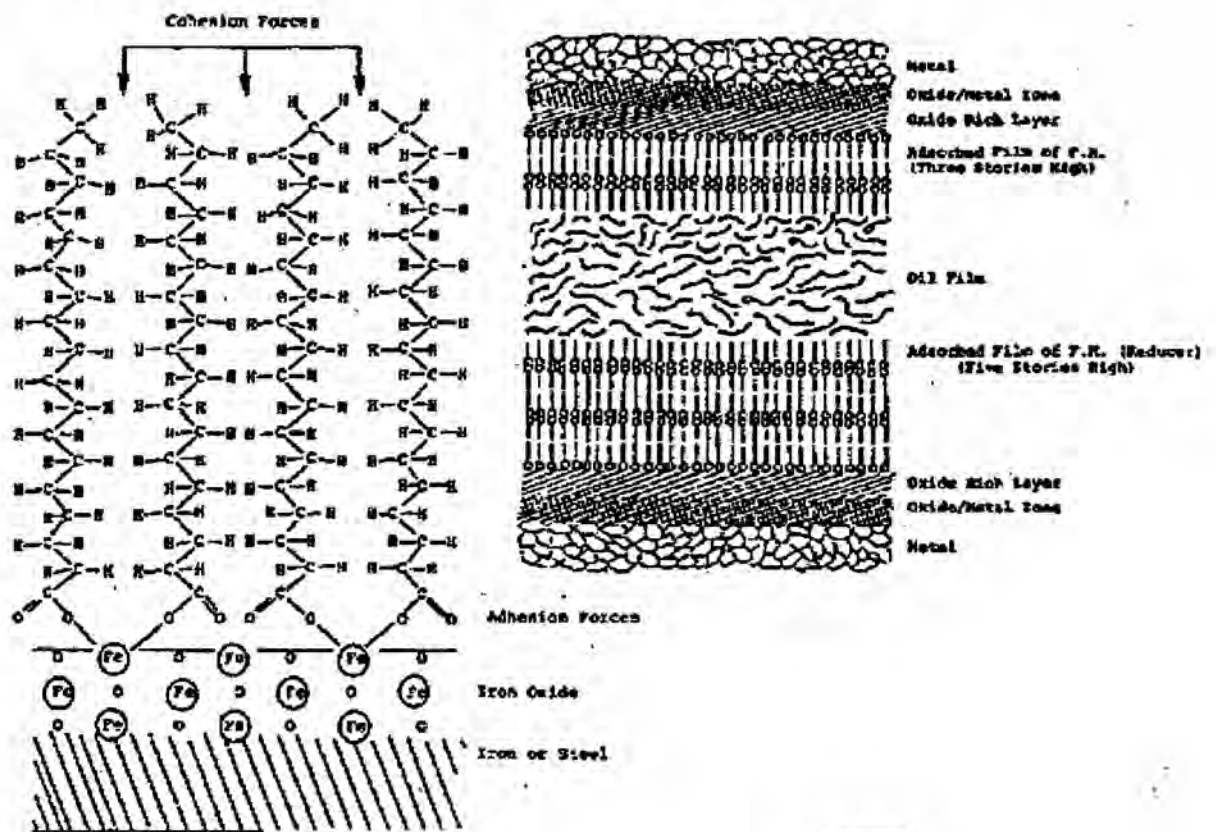
# Oil Soluble Friction Reducers- Theory & Application

Volume 39,7,419-426  
Lubrication Engineering

Journal of the American Society of Lubrication Engineers July 1983

Andrew G. PAPAY (Member, ASLE)  
Edwin Cooper Division, Ethyl Corporation  
St. Louis, Missouri 63104

## THEORY OF FRICTION MODIFICATION



Journal of the American Society of Lubrication Engineers July 1983

Figura N° 21

Fuente: Tratamiento térmico [En línea]. Metales conocimientos. [fecha de acceso 25 de julio del 2011]. URL disponible en: [http://conocimientosmetals.blogspot.com/2010\\_07\\_01\\_archive.html/](http://conocimientosmetals.blogspot.com/2010_07_01_archive.html/)

El resumen de la ASLE de Julio de 1983, se define el concepto de Friction Modifier a una cadena molecular Polar en base a Hidrogeno y Carbono (Hidrocarburo) que se adhiere fuertemente al metal para reducir el coeficiente de fricción en el momento que se acerquen y contacten las superficies de metal.

#### **4.5.8. Concepto técnico de dura oil sb3 (friction modifier)**

DURA OIL SB3 es un producto de tecnología punta y de efectos probados y comprobados que posee características antifriccionantes y lubricantes únicos en el mundo y que pertenece a la última generación de evolución científica en materia de acondicionadores de metal.

Un equipo de científicos dirigidos por el Ing. Floyd Stevick (especialista con 35 años de experiencia en lubricación al servicio de la NASA y Fuerzas Armadas de los Estados Unidos) descubrió en la década de los ochenta el principio de Vínculo Molecular, que utiliza moléculas de reacción recíproca que son atraídas a la superficie del metal (mas no entre ellas) y esto dio origen a un cambio en los conceptos tradicionales de la lubricación, permitiendo la aparición de un nuevo concepto denominado Lubricación a Hiper Presión.

El SB3 (*Super Bonding 3: Nueva Generación*), es el principio activo del DURA OIL y actúa penetrando y sellando los microporos de las paredes metálicas propiciando un acoplamiento metalúrgico, sin interesar si son metales ferrosos o no ferrosos. A consecuencia de esto, otorga una mayor resistencia a la película lubricante.

Este principio activo "SB3" constituye el más importante avance en el tratamiento del mantenimiento proactivo de los motores (gasolineros, petroleros, gaseros y eléctricos), revolucionando los conceptos de acondicionamiento y reacondicionamiento de metales en general (sin importar si son partes o piezas de un motor, de una caja de cambios, del diferencial, o si son componentes de alguna máquina o herramienta o simplemente metales expuestos a sufrir fricción).

#### **4.5.8.1. Características Fundamentales del Modificador de Fricción del Metal DURA OIL SB3.**

Durante décadas las grandes transnacionales del petróleo y la fabricación de lubricantes tuvieron delante de sí un reto constante y este era: Encontrar el lubricante ideal. Todas ellas probaron con diferentes bases lubricantes y elaboraron fórmulas, utilizando diversas concentraciones de aditivos con la finalidad de encontrar aquel lubricante; sin embargo, a la hora que un motor o equipo tiene que enfrentar una falla operacional (falla de la bomba de aceite, rotura del cárter, taponamiento parcial o total de los conductos de lubricación, etc.) ningún lubricante ha tenido la capacidad de protegerlos durante este período de emergencia, exigiendo al operador del equipo a detener inmediatamente su marcha, porque de no hacerlo así, corre el riesgo de malograrlo (en muchos casos, la capacidad de reacción humana no alcanza a evitar el daño). (AMF, Dura Oil SB3, 2010)

DURA OIL SB3 incorporado al metal a través de los aceites lubricantes, permite cubrir cualquier tipo de falla operacional y proteger, también a los motores durante el período crítico del arranque en frío (los especialistas opinan que el 80% de la vida útil del motor se pierde durante este período de arranque por mayor desgaste) y para lograrlo, lo que hace DURA OIL SB3 es otorgarle al metal una fina película nanométrica lubricante de gran resistencia y un bajísimo coeficiente de fricción.

Para evaluar la performance de un lubricante se mide la resistencia de la película lubricante y la viscosidad del mismo y DURA OIL SB3 no solamente otorga una mayor resistencia a la película lubricante, sino que se impregna y adhiere en el acero mismo, acoplándose adhesivamente a las superficies en fricción. Añadido a cualquier lubricante convencional, DURA OIL SB3 eleva sus capacidades a niveles de performance imposible de alcanzar.

a) Cuando una superficie (rugosa) se desliza tangencialmente a otra, presenta una resistencia al movimiento causada principalmente por la interferencia entre los picos microscópicos de ambas superficies. Esta resistencia llamada fricción se presenta en forma de desgaste, aumentando la temperatura y deformación de las superficies.

Pero el calor de la fricción (al deslizarse), es originado en su mayoría, enteramente por el impacto de las colisiones de microscópicos picos sobresalientes de la superficie final de las partes metálicas, ya que estos picos penetran la película de aceite y colisionan entre ellos,

entonces las puntas de estos picos se rompen y causan así el desgaste del metal.

Al colisionar estos picos se generan altas temperaturas, es entonces cuando el SB3 con sus únicas propiedades metalúrgicas actúa, distorsiona y amolda los picos haciéndolos circular contra la dirección de impacto y entre ellos, al no generarse propiamente el contacto metal- metal, los picos no se rompen y vuelven a su plano y forma normal, El resultado es una mayor capacidad de carga, lo que le da mayor vida al metal desgastado.

Adicionalmente, al ocurrir estas colisiones (aunque microscópicas) sus conductas moleculares y cristalinas se ven súbitamente deformadas a altas temperaturas y velocidades proporcionalmente. Este súbito derroche de energía al ocurrir la deformación, crea una enorme cantidad de calor localizado, el cual es generado instantáneamente dentro de la estructura cristalina de los picos metálicos.

Cuando este calor alcanza momentáneamente de 760 a 985 grados Centígrados (el acero toma color amarillo .- rojo) ocasiona la expansión de los patrones normales del cristal inmediatamente a un nuevo y temporal arreglo de los patrones de cristal de los átomos. Estos nuevos patrones se expanden de tal manera, que forman una nueva estructura austenítica, relleno los poros del metal y formando una nueva aleación y diseño o re-arreglo atómico.



Al enfriarse el metal, atrapa estos elementos por dentro, permanentemente (estos elementos pueden ser azufre carbono, níquel, cromo o cualquier otro elemento disponible que sea compatible con el fierro o el carbono) a estas temperaturas austeníticas y pueden ayudar a rellenar los poros que se forman.

Esto crea una nueva estructura cristalina de los átomos. La aleación de los metales está basada en este mismo principio y el enfriamiento natural que sigue, atrapa esta estructura cristalina. Esto es lo que da al metal esta nueva capa o superficie microscópica, como si fuera un nuevo tipo de aleación, otorgándole así esta máxima dureza y baja fricción.

- b) Los lubricantes convencionales circulan y se separan del metal en lugar de ser atraídos hacia él a temperaturas de fricción microscópicas. Obviamente estos lubricantes no pueden penetrar los patrones cristalinos para cambiar las propiedades de fricción y dureza del metal.

Las pruebas de medición preliminares muestran que las cargas iónicas de DURA OIL SB3 aumentan permanentemente, cuando la temperatura se incrementa, y que aparentemente sobreviven y aún enlazan la aleación a la temperatura al rojo de las superficies microscópicas en fricción.

Esta carga en cambio debido a su polaridad opuesta al metal, conduce al DURA OIL SB3 directamente al nuevo patrón cristalino

auténtico adhiriéndose metalúrgicamente a la estructura sólida del cristal, llamada solución sólida.

**NOTA:**

Los resultados de los test muestran que tanto la fricción como el desgaste se reducen en la mayoría de los casos en más del 80%. Si consideramos una situación normal durante la cual los metales sufran desgaste por abrasión, DURA OIL SB3 introducido en el lubricante antes de iniciar la marcha de un motor o de una máquina demuestra que en situaciones como la anteriormente descrita, el daño es asombrosamente menor y si la aplicación de DURA OIL SB3 fuera posterior con la intención de resanar los daños ocasionados por la abrasión, esto se logra casi en su totalidad.

**4.5.9. Proyecto de aplicación de dura oil sb3**

Con la sustentación técnica dada en los capítulos anteriores, se procedió entonces, con la implementación del proyecto de mejora que va a controlar directamente los efectos nocivos en el régimen de lubricación Incipiente donde no se tiene aún al 100% formado la película lubricante y se tiene desarrolla un contacto metal-metal.

*Variables a considerar:*

- a) Selección de buses.
- b) Selección de motores.
- c) Capacidad de cárter de cada motor en litros o galones.
- d) Marca, especificación y grado SAE del aceite de motor.

e) Aplicación de DURA OIL SB3: 1/16 de volumen total en litros o galones.

f) Frecuencia Normal de cambio de aceite de motor: 10 000 km.

#### **4.5.9.1. Proyecto de Control de Fricción Líquida**

Cuando la película de aceite es formada (EHL o Hidrodinámica), La VISCOSIDAD del Aceite es el que se encarga de separar las superficies metálicas en movimiento relativo y a su vez desarrolla el Coeficiente de Fricción Fluida.

Es de entenderse entonces, que si se aplica un Aceite muy Viscoso (Pasar de SAE 30 a SAE 50), se va a conseguir un mayor coeficiente de fricción fluida y en consecuencia una mayor temperatura del aceite y a su vez una mayor dosis de consumo de energía (Combustible).

La moderna tecnología de motores de última generación promueve el uso de aceites cada vez menos viscosos justamente para promover menor coeficiente de fricción fluida y entonces, generar una menor tasa de consumo de combustible.

Sin embargo, que dice nuestra REALIDAD, que las películas lubricantes sufren permanentemente de ataques de contaminantes como: Humedad, Agua, Polvo, Aire, Combustible, Temperatura y el mismo Desgaste Interno del Motor que se encargan de Generar Degradación del Aceite, Precipitado y/o Agotamiento de los Aditivos e Incrementar el Coeficiente de Fricción Fluida del Aceite que genera Mayor Consumo de

Energía e Incrementa la Tasa de Desgaste de Tipo: Corrosivo, Abrasivo, Erosivo.

#### 4.5.9.2. Definición de Concepto de Espesor de Películas Lubricantes

Los fabricantes de maquinaria y motores definen en su diseño los diferentes espesores de películas para los dos tipos de régimen de lubricación Elasto-Hidrodinámico (EHL) e Hidrodinámico. Tabla referencial de Películas Lubricantes según NORIA.

Componente	Espacio	Componente	Espacio
Rodamientos (bolas o rodillos)	0.1 - 3 Micrones*	Bomba de paletas	
Cojinetes	0.5 - 100	• Lados de la paleta	5 - 13
Engranajes	0.1 - 1	• Punta de la paleta	0.5 - 1
(Motores)		(Bomba de Pistón)	
• Anillo - cilindro	0.3 - 7	• Pistón a camisa	5 - 40
• Metal de biela	0.5 - 20	• Plato de válvulas a cilindro	0.5 - 5
• Metal de bancada	0.8 - 50	Servo válvulas	
• Buje de pistón	0.5 - 15	• Orificio	130 - 450
• Tren de válvulas	0.0 - 1.0	• Pared de aleta	18 - 63
• Engranajes	0.0 - 15	• Carreta a camisa	1 - 4
Bomba de engranes		Actuadores	50 - 250
• Diente a tapa lateral	0.5 - 5		
• Punta de diente a carcasa	0.5 - 5		

\* 0.001 pulg. = 25.4 micrones  
1 micrón = 0.001 mm



Figura N° 22

Fuente: Grado de viscosidad SAE para lubricantes de motor [En línea]. Lebrearn. [fecha de acceso 21 de noviembre del 2011]. URL disponible en: <<http://noria.mx/lublearn/entendiendo-los-grados-de-viscosidad-sae-para-lubricantes-de-motor/>>

#### **4.5.9.3. Sistema de Filtración Nominal**

Los filtros nominales celulósicos de flujo total son diseñados con un propósito: Proveer al motor y componentes internos con un adecuado y alto flujo de aceite en todo momento, removiendo las partículas grandes Superiores a 20 Micras (Filtros de Alta Eficiencia HE) que rápidamente pueden dañar al componente y sus partes internas.

Cuando los filtros nominales de flujo total se taponan, la válvula by-pass se abre, es así que se permite el paso de aceite sin filtrar por todo el sistema de lubricación con la premisa del Fabricante del Motor, de que es preferible contar con lubricante contaminado que no tener aceite y generar falla catastrófica.

En consecuencia, si un filtro nominal de flujo total abre su válvula de alivio, o falla y se abre su papel celulósico, Todas las Partículas Contaminantes Circularan por el Motor promoviendo desgastes Acelerados que Reducirán sustancialmente el Ciclo de Vida del Motor o incluso lo puede llevar a la Falla.

## Técnicas de filtración – variables a Considerar



Figura N° 23

Fuente: Sistemas de filtración de aceite [en línea]. Cummins filtration. [fecha de acceso 16 de agosto del 2011]. URL disponible en: <<http://www.cumminsfiltration.com/html/es/products/lube/filtration.html/>>  
Muestra gráfica de un filtro celulósico de superficie de flujo total y sus diferentes variables que influyen en su normal operación.

Recordemos, también que los filtros nominales de flujo total pertenecen a la categoría de filtros de superficie. El filtro nominal de flujo total es eficiente al permitir el paso de altos volúmenes de aceite y atrapando las partículas grandes, pero tiene mínima eficiencia para remover las partículas pequeñas de 1.0, 2.0 a 15.0 micras que promueven (según diseño de fábrica) el “desgaste normal” dentro del motor u otro componente interno como los sistemas hidráulicos.

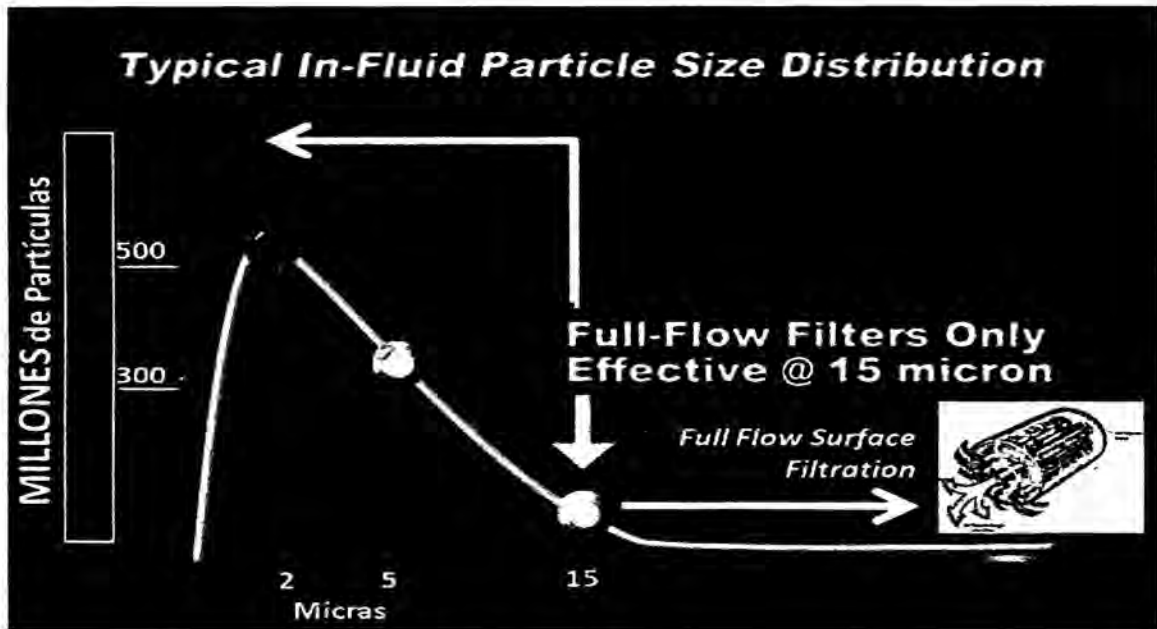


Figura N° 24

Fuente: Sistemas de filtración de aceite [en línea]. Cummins filtration. [Fecha de acceso 16 de agosto del 2011]. URL disponible en: <<http://www.cumminsfiltration.com/html/es/products/lube/filtration.html/>>

Gráfico muestra una estadística que alrededor de 800 millones de partículas de 2 a 5 micras no son retenidas por los filtros nominales de flujo total (*full flow filters*), lo que promueve una tasa de desgaste interno del motor.

Estas partículas pueden ser pequeñas aún, pero no se olviden que dependiendo de su concentración, forma y nivel de dureza, generan desgastes abrasivos acelerados y/o destructivos al interior de sus componentes y partes en movimiento.

#### 4.5.10. Concepto técnico de microfiltración secundario by pass de aceite de motor: control de fricción líquida

El presente proyecto de mejora busca impactar significativamente en mantener libre de contaminantes nocivos como partículas y agua a las películas lubricantes Elasto Hidrodinámica e Hidrodinámica. Es nuestro

objetivo mantener en operación continua el menor coeficiente de fricción fluida del aceite, manteniéndolo LIMPIO, SECO y FRESCO.

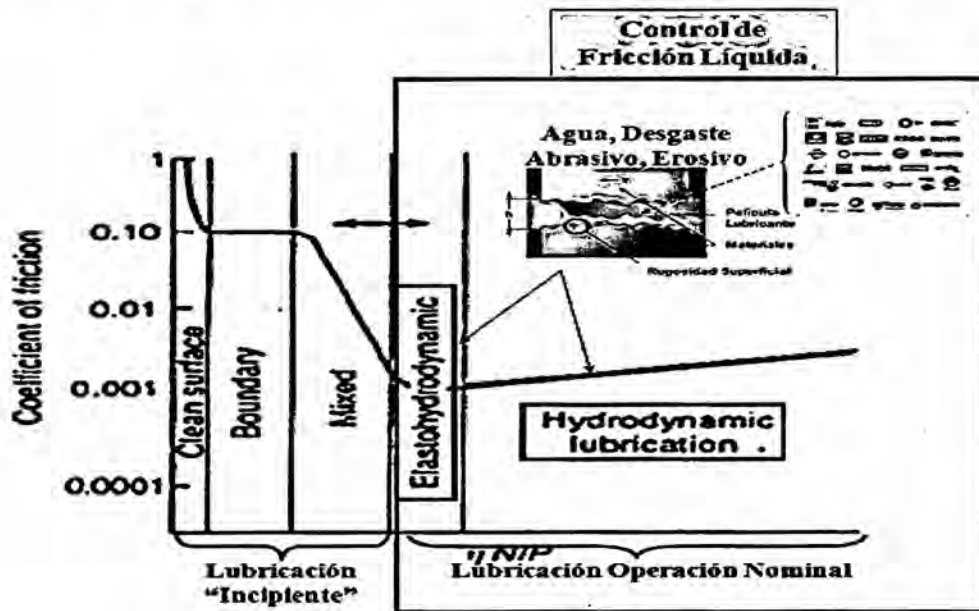


Figura N° 25

Fuente: Lubricación y lubricantes [en línea]. Monografias.com. [fecha de acceso 24 de setiembre del 2011]. URL disponible en: <  
<http://www.monografias.com/trabajos94/lubricacion-y-lubricantes/lubricacion-y-lubricantes.shtml/>>

#### 4.5.10.1. Porqué se cambia normalmente un aceite usado

El aceite es cambiado porque éste se contamina y no principalmente por el calor que absorbe durante operación. Los productos de microfiltración secundaria de profundidad, eliminan la necesidad de realizar cambios de aceite por rutina o por periodo de tiempo, manteniéndolos tan limpios y secos, siguiendo las exigencias de los principales fabricantes de equipos y componentes. Nuestro equipo de microfiltración secundaria son elementos microfiltrantes de Profundidad que remueven incluso pequeños contaminantes desde 1.0 micra. (AMF, Porque utilizar microfiltración, 2008)



Para entender mejor como Microfiltración elimina la rutina periódica de cambios de aceite y reduce el desgaste normal del componente, se necesita entender 3 cosas:

- ✓ La primera es como ocurre el desgaste interno de los componentes.
- ✓ La segunda trata sobre la diferencia entre filtros nominales de flujo total que vienen de fábrica y la microfiltración y coalescencia que se aplican de forma secundaria.
- ✓ La tercera es cómo la Microfiltración trabaja en conjunto con los filtros nominales celulósicos de flujo total que vienen de fábrica para proteger su componente.

#### - **Desgaste (Wear)**

Primero, revisemos lo que nosotros llamamos “desgaste”, examinando el rol de la lubricación en un aceite de motor. Cada movimiento de las partes internas del motor, es lubricado con una delgada capa de aceite.

Incluso esta capa de lubricante es tan delgada como 2.0 o 3.0 micras de espesor, esto protege a las partes de llegar a tener un contacto metal-metal. El aceite con esa delgada película mantiene una cuidadosa distancia y previene el desgaste. Solo cuando las partes entran en contacto entre ellas mismas o con alguna partícula que viaja por el aceite, el desgaste se presenta inevitablemente. Recuerde que la película de aceite es muy delgada y de sólo 2.0 o 3.0 micras de espesor.

Recordar que las partículas que llegan a tener el mismo tamaño que la luz que se crea entre las partes móviles son las más peligrosas y generan el mayor desgaste de las partes internas.

Carbón, hollín y abrasivos en el aceite son protagonistas por excelencia de este tipo de desgaste y mucho cuidado con aquellas partículas que son mucho más duras que las partes móviles, estas partículas extremadamente duras pueden ser la causa raíz de una falla prematura de los componentes.

- **Desgaste excesivo o acelerado.**

Esta condición reducirá inmediatamente la vida de su motor o componente en unos cientos de horas o tal vez menos y se convierte en una verdadera bomba de tiempo ante la presencia combinada de Agua. El mayor desgaste anormal se da cuando partículas de mayor tamaño que la película lubricante es forzada a pasar por las partes en movimiento. Los filtros nominales de flujo total son los responsables de retirar este tipo de partículas, pero no es capaz de retirar las partículas de menor tamaño, es más la mayoría de filtros nominales de flujo total no tienen control sobre las partículas menores a 20 micras.

#### **4.5.10.2. Filtros Nominales de Flujo vs. Microfiltración Secundaria de Profundidad**

Los filtros nominales celulósicos de flujo total son diseñados con un propósito: Proveer al motor y componentes internos con un adecuado y alto flujo de aceite en todo momento, removiendo las partículas grandes

que rápidamente pueden dañar al componente y sus partes internas. Cuando los filtros nominales de flujo total se taponan, la válvula *by-pass* se abre, es así que se permite el paso de aceite sin filtrar por todo el sistema de lubricación con la premisa de que es preferible contar con lubricante contaminado que no tener aceite y generar falla catastrófica. (Amada, 2010)

Recordemos, también que los filtros nominales de flujo total pertenecen a la categoría de filtros de superficie. El filtro nominal de flujo total es eficiente al permitir el paso de altos volúmenes de aceite y atrapando las partículas grandes, pero tiene mínima eficiencia para remover las partículas pequeñas de 2.0 a 20.0 micras que promueven el “desgaste normal” dentro del motor u otro componente interno como los sistemas hidráulicos.

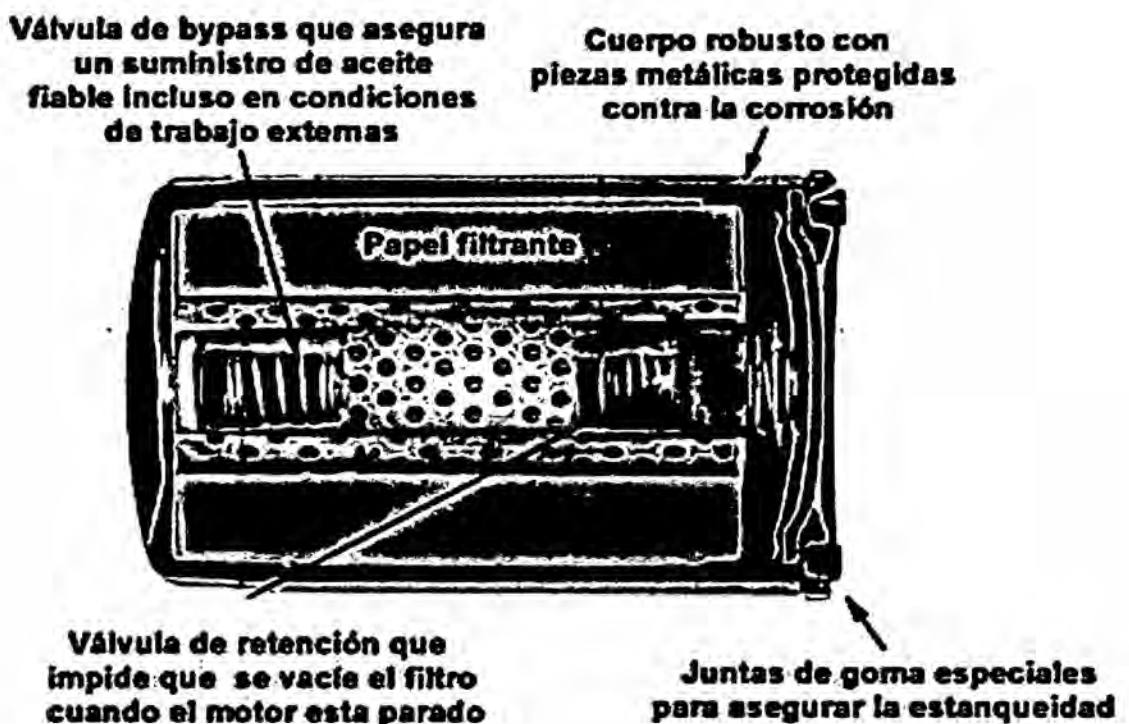




Figura N° 26

Fuente: Sistemas de filtración de aceite [en línea]. Cummins filtration. [fecha de acceso 16 de agosto del 2011]. URL disponible en: <<http://www.cumminsfiltration.com/html/es/products/lube/filtration.html/>>

En los filtros de flujo total no todas las partículas son retenidas por el filtro, algunas de ellas pasan al sistema de lubricación.

Los filtros nominales de flujo total utilizan una superficie (membrana) delgada y sólo se usa de un solo lado para atrapar eficientemente a las partículas grandes. Esta membrana tiene millones de agujeros y permite el rápido flujo del aceite: Las partículas de menor tamaño que los agujeros de la membrana pasan sin dificultad por los filtros nominales de flujo total.

Entonces, las preguntas son:

- ¿Estas partículas pequeñas de 2.0 a 20 micrones pasan por los componentes delicados como metales de biela y bancada o tren de válvulas solenoides SIN Dañar las Superficies?, La respuesta es NO.

- ¿Son estas partículas tan pequeñas que no le generan ningún daño a los componentes internos ?, la respuesta es nuevamente NO.

Estas partículas pueden ser pequeñas aún, pero no se olviden que dependiendo de su concentración, forma y nivel de dureza, pueden generar desgastes abrasivos acelerados y/o destructivos al interior de sus componentes y partes en movimiento.

Estas partículas que causan el "desgaste normal", también pueden causar un gran daño en una segunda forma, promoviendo el desgaste Erosivo, así como estas partículas se mueven con el flujo del aceite, ellas, también pueden impactar a alta velocidad y directamente sobre las superficies internas de su motor, causando desgaste tan similar como el proceso de ARENADO. (Sin dudas que las partículas en suspensión pueden causar daño, observa con atención el proceso de corte de metales utilizando el sistema de jets de agua que contienen partículas abrasivas que Cortan el Metal).

En conclusión, removiendo las partículas pequeñas con sistemas de microfiltración, el ciclo de vida de sus componentes se verá afectado positivamente, ya que las partes internas sufren significativamente de una menor tasa de "desgaste normal".

#### **4.5.10.3. Filtros Nominales de Flujo Total Utilizados en conjunto con Microfiltros Secundarios**

Finalmente, vamos a explicar cómo funciona un sistema de filtros celulósicos nominales de flujo total, soportados con los microfiltros sólidos de profundidad.

Los elementos de microfiltración secundaria han sido diseñados con propósitos diferentes a los filtros nominales de flujo total. El objetivo de microfiltración es mantener un lubricante Ultra Limpio, libre de partículas y sin agua en el sistema. Esto se logra utilizando microfiltros sólidos de profundidad (Es una matriz de fibras de alta densidad) por donde pasa lentamente una pequeña cantidad de aceite. El aceite pasa axialmente por el microfiltro en diferentes direcciones y giros por la matriz de fibras, en consecuencia, las partículas son atrapadas siendo altamente efectivo incluso con las partículas más pequeñas. (AMF, Porque utilizar microfiltración, 2008)

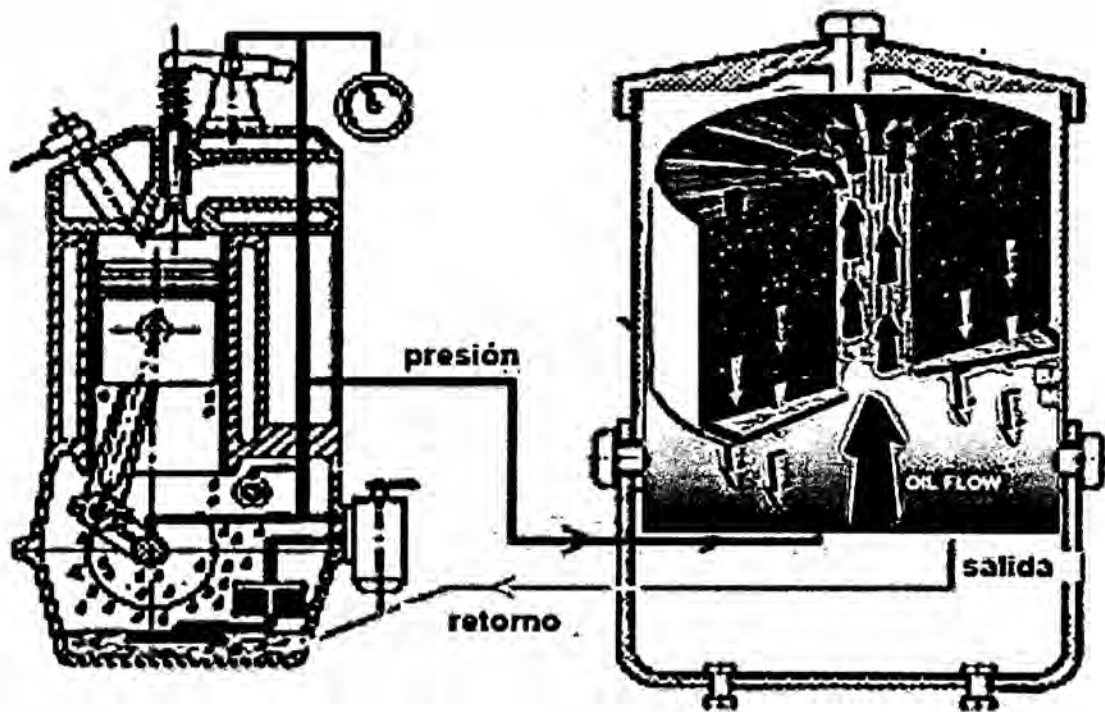


Figura N° 27

Fuente: Sistemas de filtración de aceite [en línea]. Cummins filtration. [fecha de acceso 16 de agosto del 2011]. URL disponible en: <<http://www.cumminsfiltration.com/html/es/products/lube/filtration.html/>>

Entonces, la ventaja de contar con un sistema secundario de microfiltración y coalescencia operando en paralelo con los filtros nominales de flujo total, es garantía total de limpieza que supera los más altos estándares de los principales fabricantes de maquinaria. Mientras que los filtros nominales de flujo total se encargan de retirar las partículas grandes, los equipos Microfiltración se encargan de retirar las partículas pequeñas desde 1.0 micra y, también absorben el agua presente en el aceite que afecta considerablemente la eficiencia de filtración de los filtros nominales celulósicos de flujo total.

Recordemos que la capacidad del ojo humano de observar una partícula es a partir de las 40 micras, eso significa que partículas de 5, 10, 15, 20, 30 micras Nunca podrán ser observadas a simple vista por el ojo humano. En conclusión, si observamos aceites lubricantes que a la vista están libres de partículas, eso significa que no observamos partículas mayores de 40 micras en el aceite, pero sólo un análisis de aceite bajo norma ISO 4406 certificará el nivel de partículas presentes en el aceite y que están por debajo de las 40 micras (Rango Invisible).

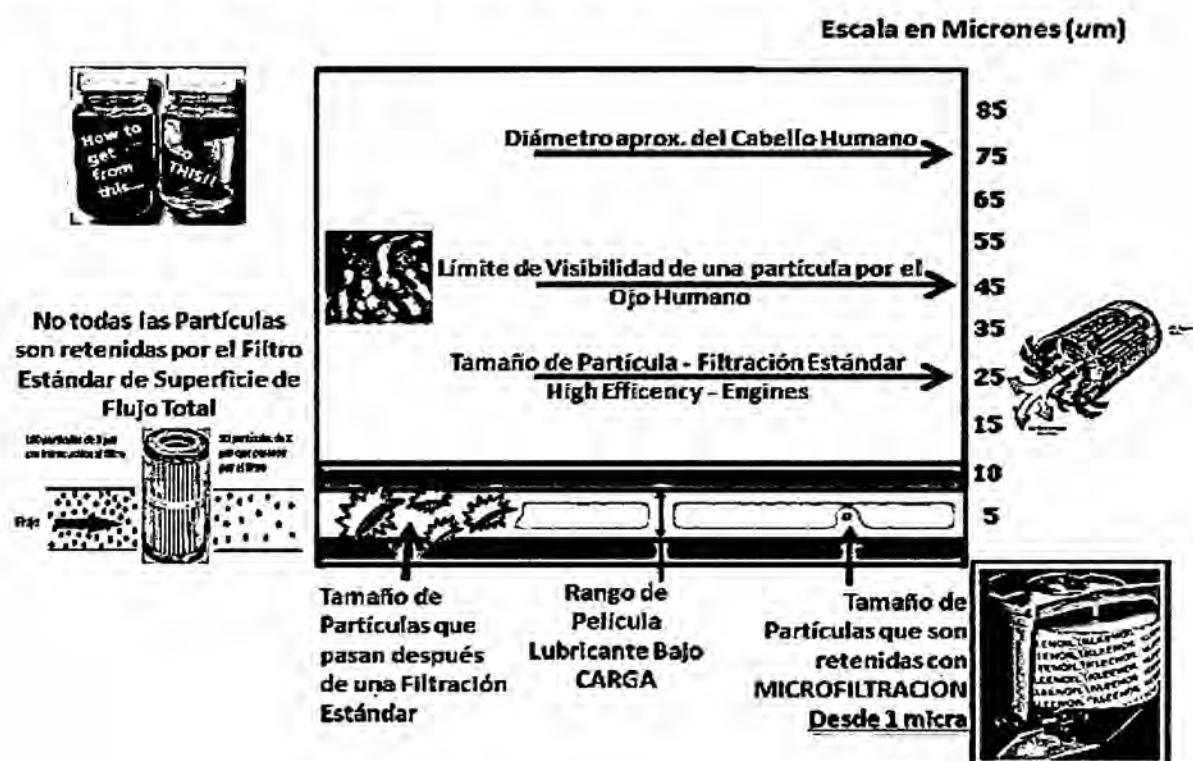


Figura N° 28

Fuente: Sistemas de filtración de aceite [en línea]. Cummins filtration. [fecha de acceso 16 de agosto del 2011]. URL disponible en: <<http://www.cumminsfiltration.com/html/es/products/lube/filtration.html>>



El resultado de utilizar Microfiltración es obtener un aceite 100% limpio y seco, brindando una efectiva lubricación de los componentes internos, y se reduce el riesgo de contar con aceite cada vez más Sucio con partículas que pueden promover el desgaste Abrasivo/Erosivo.

Los microfiltros secundarios instalados en *by-pass* en un motor, desaceleran el “normal” desgaste interno de componentes, extiende con seguridad los cambios de aceite, evitando mayores pagos por disposición de aceite usado.

No nos olvidemos, también que los microfiltros absorben el agua presente en el aceite, el agua en contacto con los gases de *blow-by* del motor generan ácidos sulfúricos corrosivos que atacan los componentes internos como metales de biela y bancada. Con sistemas de microfiltración, el nivel de acidez (AN) del aceite está bajo control.

También hay otro punto a considerar, y está relacionado al Medio Ambiente, el lubricante es un recurso limitado que se agota diariamente. Utilizando la tecnología de Microfiltración secundario están reduciendo el consumo de lubricante y generando menor costo de disposición de aceite usado. Aquí repasemos las buenas razones de utilizar la técnica de microfiltración en el Motor:

- Reducción de rutinas de cambios de aceite y costos asociados a esta actividad.
- Asegurar y/o incrementar el ciclo de vida de componentes.

- Mejora la eficiencia de combustión en motores y tiene impacto en consumo de Combustible.
- Reducción de costos operativos, menos horas de indisponibilidad de máquina.
- Rápido retorno de la inversión en microfiltración secundaria.

La microfiltración secundaria permite desarrollar con seguridad los proyectos de extensión del cambio de aceite.

Actualmente, tenemos en la Empresa Inversiones y Representaciones Polo S.A.C. la pregunta de cómo realizar con seguridad una adecuada extensión del periodo de cambio de aceite.

El aceite durante la operación recibe y contiene elementos de desgaste, contaminantes externos como polvo, contaminantes internos como condensación del agua, materiales sub- productos de la combustión; todos ellos generando un nivel de alarma en la condición del aceite que limitan la extensión de la operación del aceite; y como es de conocimiento, no se puede reacondicionar el estado del aceite contaminado con sólo agregar aceite nuevo para refrescar al aceite usado y así devolverle mayor condición que permita seguir lubricando, reconocemos entonces, que no hay aceite base, paquete de aditivos u otro producto que pueda devolverle la condición inicial al aceite usado contaminado.

La Oxidación del aceite (que es un proceso de envejecimiento y que incrementa el nivel de acidez del aceite), es el resultado de la

presencia de Oxígeno, Temperatura, Tiempo, si sumamos a esto la presencia de elementos metálicos Catalíticos como el Hierro y Cobre, en contacto con el Agua reaccionan en conjunto y promueven potencialmente la Oxidación del aceite. En consecuencia, se incrementa el nivel de acidez (AN) y el aceite en sí, ahora como producto Acido, genera ataque Corrosivo de las partes internas del componente.

Sin embargo, por lo explicado en este proyecto, ahora tenemos una estrategia de microfiltración secundario que se puede acondicionar con mucha facilidad en su sistema de lubricación del motor, permitiendo mantener por mayor tiempo su lubricante en operación, mucho más limpio, libre de suciedad, partículas y humedad.

Nuevamente recordamos que los filtros nominales celulósicos de flujo total que vienen de fábrica son capaces de retener partículas desde 20, 30 a 40 micras (la milésima parte de un milímetro es llamado micra). Estos filtros tienen una condición particular, cuando el filtro nominal es parcial o totalmente obstruido (taponado) por partículas u otros contaminantes, se genera una gran caída de presión, viéndose obligado el sistema a abrir la válvula *by-pass* y permitiendo que el aceite sin filtrar circule por el sistema de lubricación promoviendo desgastes acelerados.

Los microfiltros secundarios en *by-pass* trabajan de manera diferente, cuando éste equipo es instalado en el sistema de lubricación, parte del aceite es llevado a los elementos de microfiltrado que retienen

partículas desde 1.0 micra y también absorben el agua presente en el aceite.

#### **4.5.11. Simulación teórica de operación de un equipo de microfiltración sdum8 en el sistema de lubricación de un motor cummins en combustion diesel**

Los sistemas de lubricación de un motor cummins operan con un presión interna que está entre los 60 a 80 psi. y la temperatura interna en cárter está entre los 65 a 75 grados centígrados.

Este sistema de lubricación tiene una bomba de aceite que está sobredimensionada para los requerimientos de diseño, entregando mayor flujo de aceite y presión que lo que realmente requiere el sistema. Esto garantiza que al instalar un equipo de microfiltración secundario, jamás va a afectar la condición de diseño y operación del motor y nuestros equipos están preparados para soportar la presión de lubricación interna del motor y cualquier otro componente. (AMF, Aplicación de Dura Oil SB3, 2009)

Ahora bien, de los datos obtenidos tenemos que un motor de la flota de transporte tiene un cárter de 6 galones e instalamos un equipo de microfiltración SDUM-8, el flujo de pase de aceite es de apenas 0.5 galón por minuto, devolviendo el aceite Limpio y Seco al cárter.

Entonces, al iniciar la operación del motor podemos afirmar que en 60 minutos, 30 galones de aceite (Cinco veces al volumen del Carter) han pasado por el equipo Microfiltración y devuelto Limpio y Seco al cárter. Esto significa que en 10 horas de operación continua del motor, el

volumen de aceite del cárter de 6.0 galones ha pasado por el microfiltro SDUM8 un total de 50 Veces.

No nos olvidemos además, que cada elemento SDMU-8 tiene capacidad de retener la mayoría de partículas contaminantes hasta 2,500 gramos y 760 mililitros de agua.

Una vez instalado el equipo microfiltración en los omnibuses, lo único que sé que se hace es reemplazar el elemento microfiltrante en periodos regulares de tiempo según condición de operación en este caso se reemplazaron cada 90,000 km.

#### **4.6. Fases del proyecto**

##### **4.6.1. Procedimiento de Aplicación Dura Oil SB3 Grupo Polo**

DURA OIL SB3 es un lubricante especial modificador y reductor del coeficiente de fricción del metal. Dura Oil SB3 es un lubricante denominado como FRICTION MODIFIER.

El SB3 (Super Bonding 3: Super Capa Límite de 3era. Generación), es el principio activo del lubricante Dura Oil y actúa en todo el régimen de lubricación incipiente (Ver gráfica de Curva de *Stribeck*).

## Relationship between Stribeck curve and friction modification

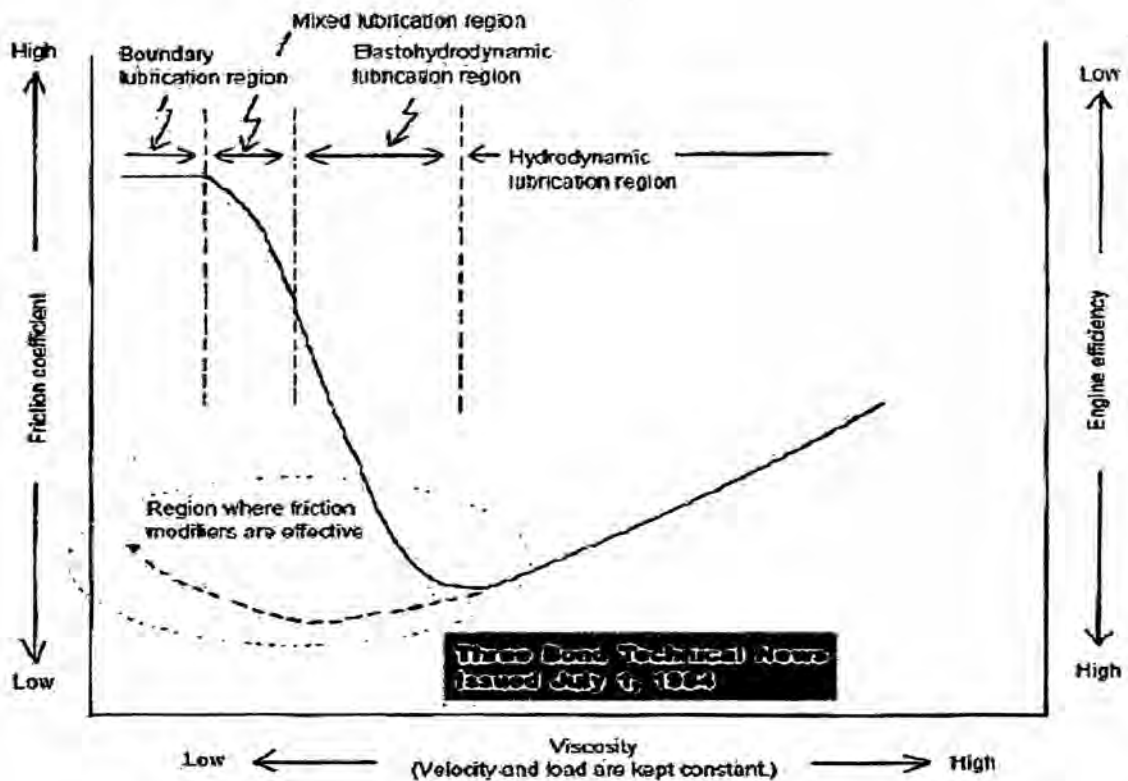


Figura N° 29

Fuente: Lubricación [en línea]. SKF. [fecha e acceso 15 de octubre del 2011]. URL disponible en: <<http://www.skflam.com/LAM/enews/enlace-3-10/es/lubricacion.html/>>

### 4.6.1.1. Volumen de Aplicación Dura Oil SB3

Una vez que se realiza el cambio de aceite del componente (motor, diferencial, rueda, reductor), se aplica en proporción de 1/16 del volumen total, por ejemplo:

- Motor de 16 galones de capacidad.- Se aplica 1 galón de Dura Oil SB3 y 15 galones de aceite de Motor.

- b) Motor de 8 galones de capacidad.- Se aplica 0.50 galones de Dura Oil SB3 y 7.50 galones de aceite de Motor.
- c) Diferencial de 64 gls. de capacidad.- Se aplica 4.0 gls de Dura Oil SB3 y 60 galones de aceite de diferencial.

Si la división de la proporción 1/16 no sale valor exacto y sus decimales están entre 0.1 y 0.4, entonces se redondea a valor de 0.5

Si la división de la proporción 1/16 no sale exacto y sus decimales sale entre 0.6 y 0.9, entonces se redondea al número entero siguiente superior.

Luego de que el cárter este vacío, primero aplicar la proporción de 1/16 de Dura Oil SB3, acto seguido, agregar el aceite de motor hasta completar el nivel de aceite según fábrica.

Antes de Encender el equipo, SE PIDE Observar la VARILLA de Nivel de ACEITE que asegure que hay Lubricante en el componente. No fiarse únicamente de los *Check List* de Mantenimiento que indica si se realizó o no el cambio de aceite.

Verificado en Varilla de medición, que se tiene el nivel apropiado de Dura Oil SB3 y el Aceite, y se cumplió con el *check list* de inspección previo, proceder a encender el equipo al mínimo de las rpm (Sugerencia), de acuerdo a procedimiento de fábrica.

Esperar 10-15 minutos de operación en mínimo que es el tiempo necesario para que el componente alcance su temperatura normal de operación.

En el tiempo que los componentes están alcanzando su temperatura de operación en su superficie de fricción, en esos momentos el Lubricante Especial Dura Oil SB3 se estará activando y adhiriendo al metal nanométricamente.

#### **4.6.1.2. Tiempo de Duración del Dura Oil SB3**

La protección del metal puede durar entre 2,000 a 2,500 hrs dependiendo del régimen de operación y de las tendencias de los análisis de aceite. (AMF, Aplicación de Dura Oil SB3, 2009)

Por ejemplo, se puede aplicar cada 2,500 horas para Gen Sets de Grupos Electrónicos de velocidad constante y en estado estacionario.

Para condiciones exigentes de operación donde existe variabilidad en temperatura ambiente, nivel de oxígeno (motores), carga, aceleración, velocidad, fuerzas dinámicas externas al componente, se recomienda aplicar Dura Oil SB3 cada 2,000 a 2,500 horas según tendencia de análisis de aceite. Por ejemplo: Si se tiene un cárter de 16 galones, el cambio de aceite de motor es cada 250 horas, y las condiciones son normales, entonces aplicar 1.0 gl. de Dura Oil SB3 y 15 galones de aceite de motor ahora, y luego de 10 cambios de aceite continuos de motor, volver a aplicar la dosis en proporción de 1/16.

#### **4.6.1.3. Estrategias Dura Oil SB3**

**a) Estrategia Proactiva.-** Cuando se aplica a un componente que no tiene falla y sus condiciones de operación son normales, entonces se



espera que Dura Oil SB3 permanezca activado y adherido (fuerza polar) por 2,500 horas en el metal y ofrezca un porcentaje de reducción de la tasa de desgaste normal del componente. La tendencia de análisis de aceite validará esta estrategia proactiva.

Dura Oil SB3 es un perfecto aliado proactivo y se recomienda su aplicación en componentes recién reparados a cero horas o con reparación parcial. Es mucho más recomendable cuando estos componentes han sido almacenados por largos períodos de tiempo.

(AMF, Dura Oil SB3, 2010)

**b) Estrategia Correctiva.-** Cuando un componente está desarrollando un desgaste anormal y fuera de rango, entonces Dura Oil SB3 intentará cumplir una función de neutralización, reducción y control del desarrollo del desgaste anormal.

Se recuerda que Dura Oil SB3 no es un Corrector de Falla, es un potente modificador del Coeficiente de Fricción del Metal.

En caso de lograr detener la tasa anormal de desgaste, monitorear con análisis de aceite la tendencia, y si se vuelve a presentar el desarrollo creciente de desgaste, reaplicar Dura Oil SB3 en el siguiente cambio de aceite (en proporción 1/16). (AMF, Dura Oil SB3, 2010)

Observaciones:

- Dura Oil SB3 no corrige el desarrollo de una Falla Mecánica de un componente interno.

- Dura Oil SB3 no es un restaurador de metal.
- Dura Oil SB3 no es un aditivo mejorador del aceite.
- Dura Oil SB3 no contiene ningún componente químico que degrade el aceite.
- Dura Oil SB3 es 100% un lubricante en estado líquido.

#### 4.6.2. Procedimiento de Implementación por Microfiltración Grupo

##### Polo S.A.C.

#### 4.6.2.1. Datos Generales

- Bus: C9P-781.
- Motor Marca: Cummins
- Aceite: Geo Mineral 15w40
- Volumen de Aceite: 6.5 gls.
- Combustión: Diesel
- Filtros instalados: LF9009
- Tipo de Operación: Transporte urbano

PADRÓN	DETALLE	DATOS INSTALACIÓN MICROFILTRACIÓN		DATOS INSTALACIÓN DURA OIL		FECHA ULT. CAMBIO ACEITE	
		Fecha	Kilometraje	Fecha	Kilometraje	Fecha	Kilometraje
URBANO GAS							
365	ACEITE MOBIL 15w40	2005/2010	83100	2005/2010	83100	2005/2010	83100

Orden de trabajo de instalación de olla microfiltrante, elemento microfiltrante, y aditivo Dura Oil.

		<b>ORDEN DE TRABAJO</b>		CODIGO	VERSION
				APROBACION	
Padron	365	Operador	Nº 012243		
Placa	C3X-96	Guías de movimiento			
Km. Actual	83100	Ordenes de servicio			
Fecha Ingreso	20-05-10	Fecha Salida	20-05-10		
Hora Ingreso	9:00 am.	Hora Salida	12:00 pm.		
Item	Condición		Sistema		
1	Buscamos partes de mantenimiento preventivo				
Item	Causa				
1	Retorno de Aceite				
Item	Solución				
1	Instalación de microfiltración y coalescencia en el bus.				
2	Instalación de olla microfiltrante				
Item	Técnico	Firma	Hora de trabajo		
1	Peter Montalvo Caspa		03:00		
Item	Observaciones				
1	Se realizó limpieza del motor con gasolina				
2	Se añadió el aceite 6.25 de Mobil 15W40				
3	Se añadió aditivo 0.25 gal de Dura Oil 583				
4	Se instaló a la olla microfiltrante, el elemento de 0.1µm.				

V'B Gerencia Mantto

V'B Supervisor apertura

V'B Supervisor cierre

Figura N° 30

Fuente: Propia

#### 4.6.2.2. Objetivo

Implementar coalescencia y microfiltración en motor cummins en combustión Diesel para alargar la vida del aceite motor hasta 35000km de recorrido

#### 4.6.2.3. Alcance

Evaluar e identificar elementos contaminantes sólidos a través de los seguimientos con informes técnicos.

#### 4.6.2.4. Rangos establecidos

Niveles controlables de limpieza de aceites según ISO 4406:

Según la tabla del código ISO 4406 presentada en la figura, se muestra los niveles de limpieza de los aceites según los canales de medición que maneja este código.



Figura N° 31

Fuente: Lubricación [en línea]. SKF. [Fecha e acceso 15 de octubre del 2011]. URL disponible en: <  
[http://alterevoingenieros.blogspot.com/2013/04/conceptos-tecnicos-de-flushing\\_30.html](http://alterevoingenieros.blogspot.com/2013/04/conceptos-tecnicos-de-flushing_30.html)>

De la tabla se deduce:

El código 16/13 tiene un nivel de limpieza "Muy limpio", el cual debe obtenerse y controlarse en los tanques de almacenamiento de los aceites.

El código 18/15 tiene un nivel de limpieza "Limpio", el cual debe obtenerse en la operación o trabajo de los aceites en los diferentes sistemas de funcionamiento.

El código 20/17 tiene un nivel de limpieza "Sucio", el cual no debe ser aceptable en el funcionamiento ni mucho menos en el almacenamiento de los aceites.

Debemos tener en cuenta que a partir del último cambio de aceite debemos realizar los análisis cada 5000 kilómetros, estos resultados nos indicaran que cantidad de partículas ferrosas se encuentran para ello necesitamos los condenatorios establecidos:

- Hierro (Fe): (25 / 50 ppm)
- Plomo (Pb): (01 / 10 ppm)
- Cobre (Cu): (01 / 10 ppm)
- Cromo (Cr): (01 / 05 ppm)
- Silicio (Si): (01 / 10 ppm)
- Sodio (Na): (01 / 10ppm)
- PQ: (Partículas Ferrosas mayores a 10 micras):

Los valores están dentro de los rangos considerados aceptables (25 / 50 ppm).

#### **4.6.2.5. Causales que puedan ocasionarse salirse de los estándares establecidos**

Más de 90% de los cambios de aceite son ejecutados por la contaminación del aceite.

Tipos de contaminantes:

- a) Sílice: Partículas duras y translúcidas asociadas, a menudo, con la contaminación atmosférica y ambiental: arena, polvo, etc
- b) Metal Brillante: Partículas metálicas brillantes, habitualmente, de color plata, oro, cobre y hierro, generadas dentro del sistema. Los contaminantes generados son producto del desgaste y causan, a menudo, el desgaste adicional del componente y la descomposición acelerada del fluido.
- c) Metal Negro: Metal férrico oxidado inherente a la mayoría de sistemas hidráulicos y lubricantes; contaminante integrado y generado dentro del sistema debido al desgaste.
- d) Óxido: Partículas color naranja/marrón opacas que aparecen, habitualmente, en el aceite de los sistemas donde puede haber agua, p. e., tanques de almacenamiento de aceite.
- e) Fibras: Contaminantes generados muy comúnmente por papel y tejidos, p. e., trapos de talleres.
- f) Torta de finos: Concentraciones muy grandes de partículas del tamaño de 'lodos' cubren la membrana de análisis y forman una torta. La torta

oscurece las partículas más grandes de la membrana lo que hace imposible evaluar la contaminación.

El contaminante más crítico que puede generar salirse de los rangos o estándares establecidos son el sílice y metal brillante según la ISO 4406 está permitido entre 25 a 50 ppm y 01 a 10 ppm respectivamente, si al realizar los análisis del lubricante se obtiene más de ese rango podemos deducir que la microfiltración y Coalescencia no está dando resultados en el motor.

#### **4.6.2.6. Instalación de Microfiltración y Coalescencia en el bus**

Se inspeccionó visualmente el estado de las mangueras de carga y retorno a cárter, conectores, Ajustes y Caja metálica de Protección.

- a) Se verificó el estado de las mangueras considerando que no se encuentren rozadas, cortadas o friccionadas con algún elemento.
- b) Se aflojó el perno, y se retiró lentamente la tapa asegurándose que no haya derrame de aceite, finalmente se retiró los elementos filtrantes.
- c) Se inspeccionó utilizando una linterna la superficie superior de los filtros, con la finalidad de poder discernir en el filtro presencia de partículas visibles atrapadas.
- d) Se retiró con cuidado los elementos filtrantes, sujetándolos del dispositivo de sujeción con el que cuenta en la parte superior del filtro, seguidamente se retiró los residuos del fondo del recipiente de los filtros.

- e) Se procedió a esperar 30 minutos de escurrido de los filtros KleenOil para realizar el pesado de los elementos filtrantes, encontrándose un peso promedio de 3300 grs.
- f) Se procedió a colocar los microfiltros usados en una bolsa transparente con Ziplog para llevarlo luego al Taller y realizar su Evaluación.
- g) Se colocó los nuevos filtros SDFC con la palabra KleenOil.
- h) Se colocó el sello en la tapa, el cual viene con el filtro nuevo, en el borde de la Tapa para evitar fugas, finalmente se ajustó las tapas hasta un máximo de 70 lbs.
- i) Se encendió el motor e inspeccionó los accesorios del sistema de microfiltración con la finalidad de verificar que no haya fugas de aceite.

#### **4.6.2.7. Planificación**

La programación para las pruebas de análisis que realizamos de la siguiente forma:



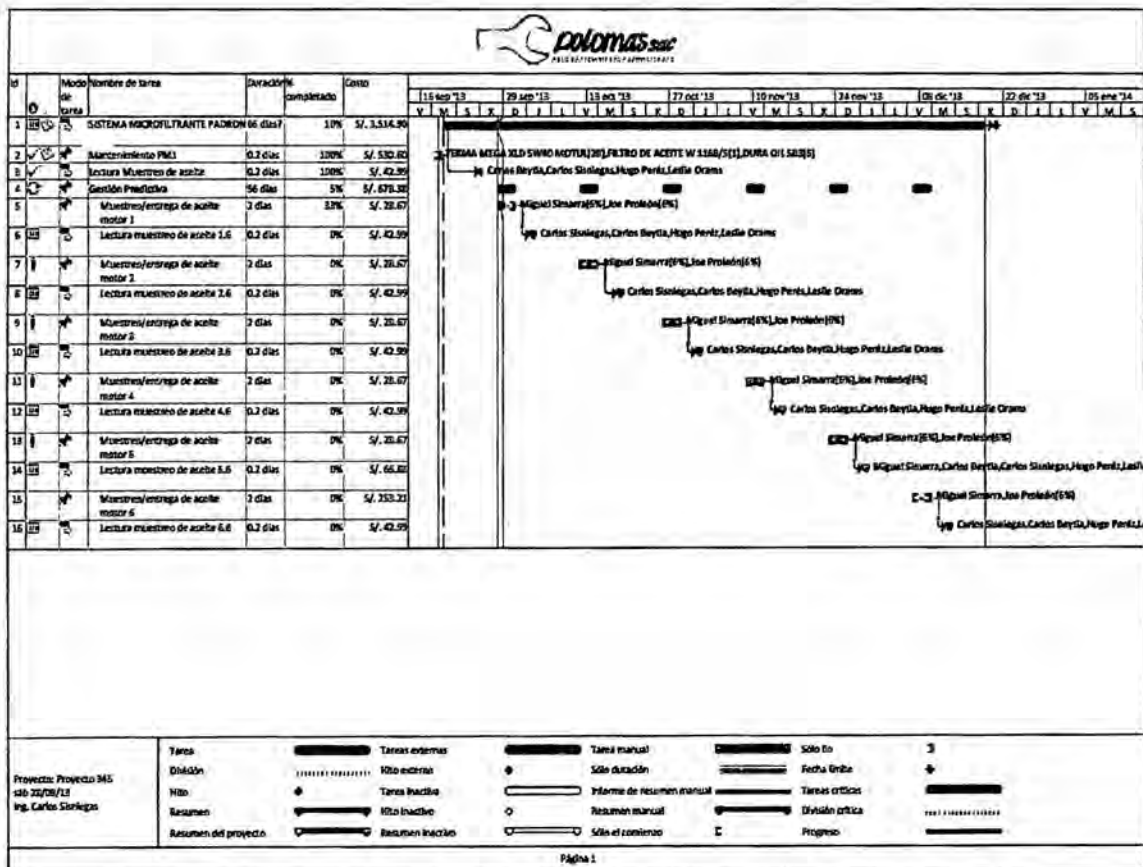


Figura N° 32 Planificación de inspección del bus

Fuente: Propia

#### 4.6.2.8. Seguimiento

a) El primer monitoreo del 14-06-2010 fueron los estos los resultados

Kilometraje del equipo: 88386.

Kilometraje del aceite: 5286


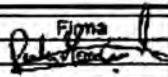



		<b>ORDEN DE TRABAJO</b>		CODIGO	VERSION
				APROBACION	
Padron	365	Operador	Nº 012273		
Placa	C3E-966	Guías de movimiento			
Km. Actual	88386	Ordenes de servicio			
Fecha Ingreso	14-06-10	Fecha Salida	14-06-10		
Hora Ingreso	08:30am	Hora Salida	09:00am		
Item	Condicion	Sistema			
1	Monitoreo de pruebas de mantenimiento preventivo	Motor			
Item	Causa				
1	Cumplimiento de 5000 Km de inspección del aceite para las pruebas de aceite				
Item	Solucion				
1	Se saca en un frasco una pequeña muestra para enviarla a analizar				
Item	Tecnico	Firma	Hora de trabajo		
1	Peter Montesinos CASSIO		00:30 horas		
Item	Observaciones				
1	Se realizará el proximo monitoreo los 7000 km.				
					
V*B Gerencia Manito		V*B Supervisor apertura		V*B Supervisor cierre	



Figura Nº 33 Primera inspección del bus  
Fuente: Propia

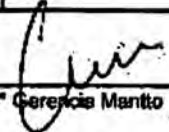
- Hierro (Fe): Los valores están dentro de los rangos considerados aceptables (25 / 50 ppm), tiene 5 ppm.
- Plomo (Pb): Los valores están dentro de los rangos considerados aceptables (01 / 10 ppm), tiene 2 ppm.
- Cobre (Cu): Los valores están dentro de los rangos considerados aceptados (01 / 10 ppm), tiene 7 ppm.
- Cromo (Cr): Los valores están dentro de los rangos generalmente aceptados (01 / 05 ppm, tiene 0 ppm.
- Silicio (Si): Los valores están dentro de los rangos considerados aceptables (01 / 10 ppm), tiene 2 ppm.
- Sodio (Na): Los valores están dentro de los rangos considerados aceptables (01 / 10 ppm), tiene 2 ppm.
- PQ: (Partículas Ferrosas mayores a 10 micras):
- Los valores están dentro de los rangos considerados aceptables (25 / 50 ppm), tiene 43 ppm.


**b) En el segundo monitoreo de que se realizó el 20/06/10:**

Kilometraje del equipo: 99177.

Kilometraje del aceite: 7639.

	ORDEN DE TRABAJO		CODIGO	VERSION
			APROBACION	
Padron	365	Operador	Nº 012287	
Placa	CBK-466	Guías de movimiento		
Km. Actual	99177	Ordenes de servicio		
Fecha Ingreso	20-06-19	Fecha Salida	20-08-19	
Hora Ingreso	11:00	Hora Salida	11:30	
Item	Condicion	Sistema		
1	Monitoreo de pruebas de mantenimiento Rodadura	KOLAC		
Item	Causa			
1	Complemento de 7000 Km de recorrido de aceite para las pruebas de aceite.			
Item	Solucion			
1	Se sacó en un frasco una pequeña muestra con un bumerang para enviar a analísis.			
Item	Tecnico	Firma	Hora de trabajo	
1	Peter Montesinos Cassio		00:30	
Item	Observaciones			
1	Se continuara el proximo monitoreo a los 22.000 Km.			

  
V°B° Gerencia Mantto

  
V°B° Supervisor apertura

  
V°B° Supervisor cierre

Figura N° 34 Segunda inspección del bus  
Fuente: Propia

- Hierro (Fe): Los valores están muy bien y dentro de los rangos considerados aceptables (25 / 50 ppm), tiene 5 ppm.
- Plomo (Pb): Los valores están muy bien y dentro de los rangos considerados aceptables (00 / 10 ppm), tiene 2 ppm.
- Cobre (Cu): Los valores están dentro de los rangos considerados aceptables (00 / 10 ppm), tiene 9 ppm.
- Cromo (Cr): Los valores están muy bien y dentro de los rangos considerados aceptables (00 / 05 ppm), tiene 0 ppm.
- Silicio (Si): Los valores están dentro de los rangos considerados aceptables (00 / 10 ppm), tiene 3 ppm.
- Sodio (Na): Los valores están dentro de los rangos considerados aceptables (00 / 10 ppm), tiene 0 ppm.
- PQ: (Partículas Ferrosas mayores a 10 micras): Los valores están ligeramente altos y encima de los rangos considerados aceptables (25 / 50 ppm), tiene 32 ppm. Ha bajado un poco, tenía 43 ppm y eso es positivo.

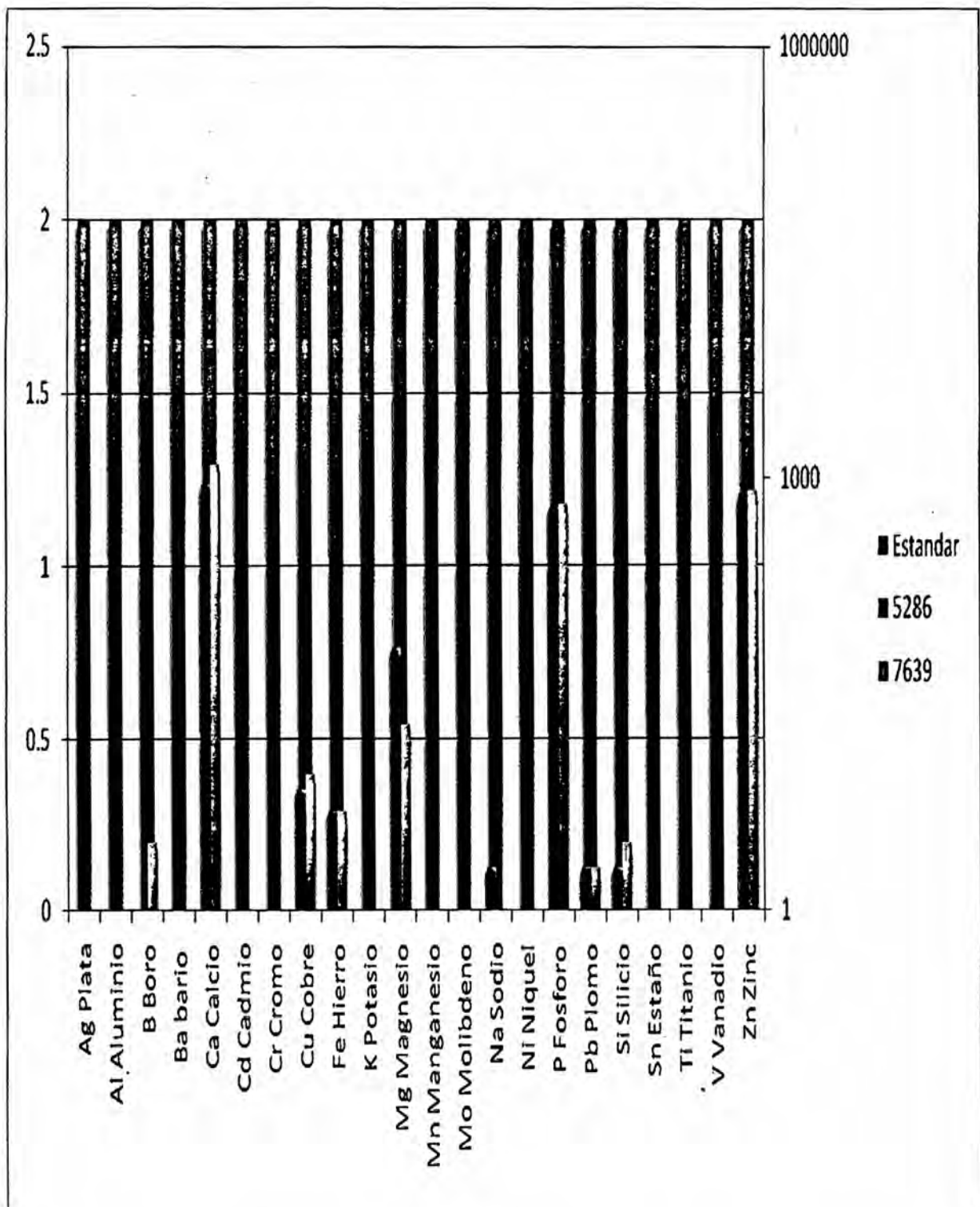


Figura N° 35 Comparación de elementos contaminantes presentes en el aceite en las dos inspecciones del bus  
Fuente: Propia

c) En el tercer monitoreo que se realizó el 05-08-2014:

Kilometraje del equipo: 105980 km.

Kilometraje del aceite: 22880 km.


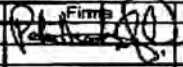
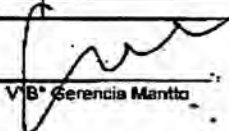

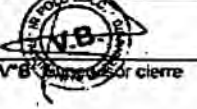
		ORDEN DE TRABAJO		CODIGO	VERSION
				APROBACION	
Padron	365	Operador		Nº 012300	
Placa	C3V-966	Guías de movimiento			
Km. Actual	105980	Ordenes de servicio			
Fecha Ingreso	05-08-10.	Fecha Salida	05-08-10		
Hora Ingreso	14:00	Hora Salida	14:30		
Item	Condicion	Sistema			
1	Monitoreo de pruebas de Mantenimiento Reactivo				
Item	Causa				
1	Complemento de 22.000 Km de recorrido de aceite para las pruebas de aceite				
Item	Solucion				
1	Sacar en un frasco una pequeña muestra con un tampero para enviar a analisis.				
Item	Tecnico	Firma	Hora de trabajo		
1.	Peter Montañas Cassin		00:30		
Item	Observaciones				
	Se realizara el proximo monitoreo a los 35.000 km de recorrido del aceite.				
 V.B. Gerencia Mantto		 V.B. Supervisor apertura		 V.B. Supervisor cierre	

Figura N° 36 Tercera inspección del bus  
Fuente: Propia

- Hierro (Fe): Los valores están dentro de los rangos considerados aceptables (25 / 50 ppm), tiene 8 ppm.
- Plomo (Pb): Los valores están dentro de los rangos considerados aceptables (01 / 10 ppm), tiene 2 ppm.
- Cobre (Cu): Los valores están dentro de los rangos considerados aceptados (01 / 10 ppm), tiene 8 ppm.
- Cromo (Cr): Los valores están dentro de los rangos generalmente aceptados (01 / 05 ppm), tiene 0 ppm.
- Silicio (Si): Los valores están dentro de los rangos considerados aceptables (01 / 10 ppm), tiene 3 ppm.
- Sodio (Na): Los valores están dentro de los rangos considerados aceptables (01 / 10 ppm), tiene 0 ppm.
- PQ: (Partículas Ferrosas mayores a 10 micras): Los valores están dentro de los rangos considerados aceptables (25 / 50 ppm), tiene 37 ppm.

**d) En el cuarto monitoreo que se realizó el día 15-09-2010:**

Kilometraje del equipo: 118361 km.

Kilometraje del aceite: 35261 km.



		<b>ORDEN DE TRABAJO</b>		CODIGO	VERSION
				AFROBACION	
Padron	<u>C3K-966</u>	Operador		<b>Nº 012313</b>	
Placa		Guías de movimiento			
Km. Actual	<u>35261</u>	Ordenes de servicio			
Fecha Ingreso	<u>15-09-10</u>	Fecha Salida	<u>15-09-10</u>		
Hora Ingreso	<u>15:00</u>	Hora Salida	<u>15:30</u>		
Item	Condición		Sistema		
01	<u>Monitores de pruebas de mantenimiento proactivo</u>				
Item	Causa				
01	<u>Cumplimiento de 35 000 Km de recorrido de aceite para las pruebas de aceite</u>				
Item	Solución				
01	<u>Sacar una muestra en un graso con un vampico para enviar a analizar.</u>				
Item	Técnico	Firma	Hora de trabajo		
01	<u>Peter Montesinos Casio</u>		<u>00:30</u>		
Item	Observaciones				
	<u>Se procedió a cambiar aceite, culminando con el proyecto se logra llegar a 35261 Km de recorrido del aceite.</u>				

V.B. Gerencia Mantto

V.B. Supervisor apertura

V.B. Supervisor cierre

Figura N° 37 Cuarta inspección del bus  
Fuente: Propia

- Hierro (Fe): Los valores están dentro de los rangos considerados aceptables (25 / 50 ppm), tiene 12 ppm.
- Plomo (Pb): Los valores están dentro de los rangos considerados aceptables (01 / 10 ppm), tiene 7 ppm.
- Cobre (Cu): Los valores están dentro de los rangos considerados aceptados (01 / 10 ppm), tiene 18 ppm.
- Cromo (Cr): Los valores están dentro de los rangos generalmente aceptados (01 / 05 ppm, tiene 0 ppm.
- Silicio (Si): Los valores están dentro de los rangos considerados aceptables (01 / 10 ppm), tiene 3 ppm.
- Sodio (Na): Los valores están dentro de los rangos considerados aceptables (01 / 10 ppm), tiene 2 ppm.
- PQ: (Partículas Ferrosas mayores a 10 micras): Los valores están dentro de los rangos considerados aceptables (25 / 50 ppm), tiene 40 ppm.

**e) Resumen de análisis**

FECHA	KM EQUIPO	KM ACEITE	PARTICULAS FERROSAS
15/09/2010	118361	35261	40
05/08/2010	105980	22880	37
20/06/2010	99177	7639	32
14/06/2010	88386	5286	43



**g) Tabla dinámica de resultados finales del proyecto**

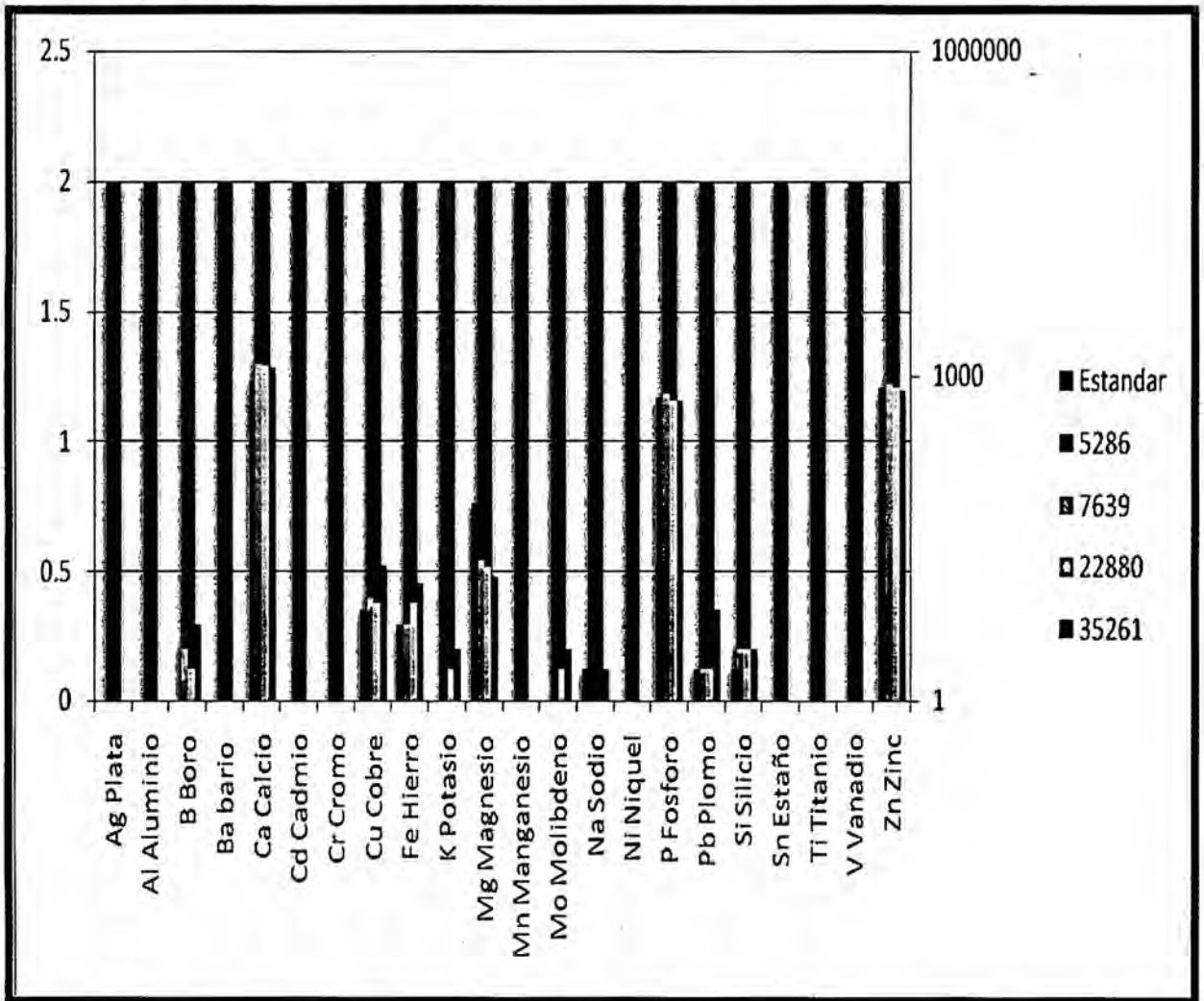


Figura N° 39 Resultado general de los elementos contaminantes del aceite  
Fuente: Propia

Realizado la implementación de microfiltración y coalescencia para la unidad 365 motor Golden Dragon con combustión GNV se obtuvo que el lubricante Geo Mineral llegó a durar 35261 kilómetros, ahorrando 3 cambios de aceite, cabe recordar que el elemento microfiltrante (SDUM8) se cambia cada 90 000 kilómetros.

#### **4.6.2.9. Resultados de Inspección en Taller**

Luego de la reunión con el equipo de mantenimiento nos dirigimos al taller para inspeccionar los filtros KleenOil usados. Se observó lo siguiente:

- Se retiraron los filtros de las bolsas protectoras y se llevaron a la mesa de trabajo.
- Inmediatamente se observaron a simple vista sobre la capa de tela de protección del microfiltro gran cantidad de partículas metálicas visibles superiores a 40 micras.
- Se hizo uso de una tijera para realizar el corte de la tela superficial protectora del filtro y en su interior se volvió a encontrar partículas visibles brillosas metálicas superiores a 40 micras.

#### **4.6.2.10. Conclusiones y Recomendaciones de la microfiltración**

- Se demostró que la tecnología de microfiltración, no afecta los parámetros de operación (Presión, Flujos) de los componentes como Motores, Transmisión, Hidráulico, etc.
- Se demostró que la Microfiltración Secundaria, capturó definitivamente varios tipos de partículas visibles e invisibles del sistema de lubricación ya que no tienen Válvula By-Pass de Derivación.
- Durante la operación de los microfiltros, han logrado retener un promedio de 4.0 Kg de partículas.
- Estas partículas retenidas son:

- Causantes Directos de Desgaste EROSIVO y ABRASIVO de los componentes internos.
- Causantes Indirectos de la Fatiga del Material y promotor de Fallas.
- Se demostró que el sistema de microfiltración, permite realizar una rápida Inspección (en minutos) de los elementos filtrantes incluso durante operación continua del motor.
- La Implementación de los Microfiltros, permitió reducir la tasa de desgaste, ya que se retienen definitivamente que partículas metálicas y no metálicas (visibles y no visibles), que promuevan mayor desgaste de los componentes internos como en: metales, bujes, ejes de levas, engranajes.
- La retención de estos contaminantes desde 1.0 micra y absorción de agua por condensación, reducen también la velocidad de degradación del aceite de motor.
- La implementación de la tecnología de microfiltración secundaria durante operación continua, permite incrementar la Confiabilidad de los componentes y asegurar el Ciclo de Vida de los Activos.

#### Recomendaciones de la microfiltración

- Se recomienda llevar las partículas metálicas visibles al microscopio para investigar su origen ya que pueden ser de hierro, aluminio o babbitt.

- De lo evidenciado en la Inspección, se recomienda la implementación y estandarización, de la tecnología de microfiltración en los motores de todos los omnibuses de la empresa.

Esta mejora permite la captura de partículas internas generadas por el régimen de lubricación incipiente y por partículas externas contaminantes (polvo y agua).

- Siendo mucho más Proactivos en este gran Proyecto de Ingeniería de Confiabilidad y alineado a la estrategia de *Asset Management*, para Controlar y Reducir la generación de partículas metálicas visibles e invisibles, originado por el régimen dañino de Lubricación Incipiente, se recomendó la aplicación del Modificador de Fricción de 3era Generación, DuraOil SB3, producto Re Comprobado y Validado por la STLE (*Society of Tribologist and Lubrication Engineers*), para el régimen de *Solid, Boundary, Mixed* y *EHL Lubrication*.

**4.6.2.11. Reporte Fotográfico: De instalación Elemento de Microfiltrado**

**a) Retiro de tapa de Microfiltro**



Foto N° 1

Fuente: Propia



**b) Retiro de elemento de Microfiltración**



Foto N° 2

Fuente: Propia

**c) Pesado de elemento de Microfiltración.**

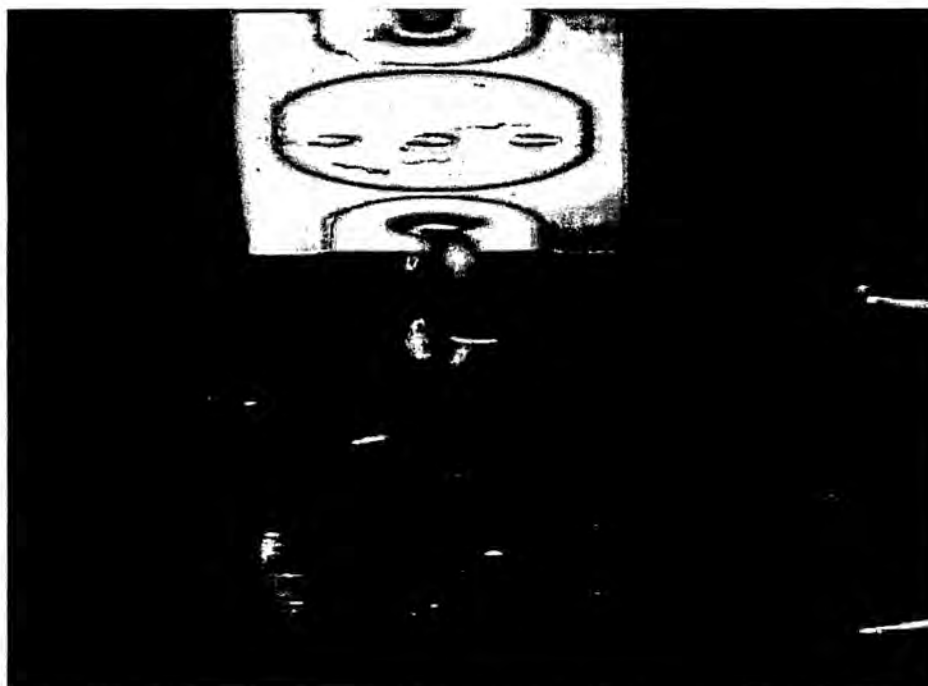


Foto N° 3

Fuente: Propia

**d) Elemento de Microfiltración**



Foto N° 4

Fuente: Propia

**e) Partículas metálicas visibles en la membrana protectora del Microfiltro.**



Foto N° 5

Fuente: Propia

**f) Partículas metálicas visibles al interior del Microfiltro.**



Foto N° 6

Fuente: Propia

**g) Partículas metálicas visibles superiores a 40 micras**



Foto N° 7

Fuente: Propia

**h) Instalación del Microfiltro en la base cilíndrica**

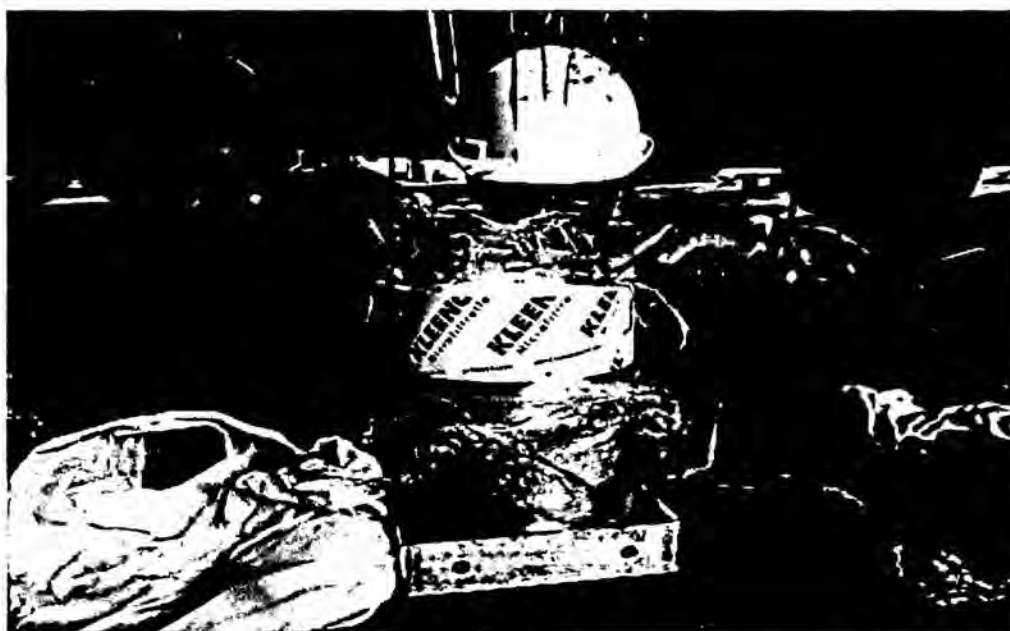


Foto N° 8

Fuente: Propia

**i) Instalando el elemento de Microfiltrado en la Unidad**



Foto N° 9

Fuente: Propia

**j) Sistema de Microfiltrado terminado de instalar en la unidad**

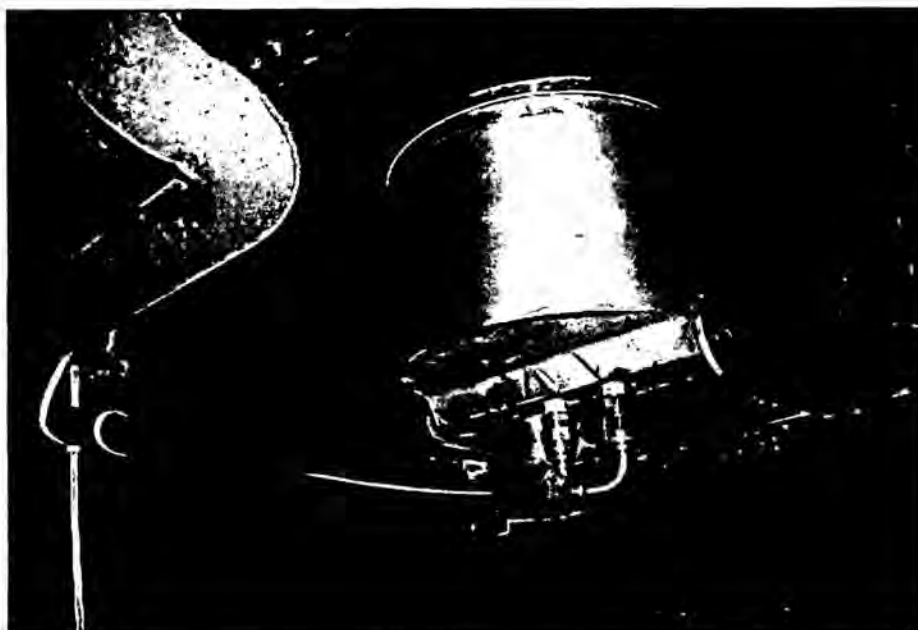


Foto N° 10

Fuente: Propia

**4.6.3. Resultados visuales antes y después de la instalación del sistema de microfiltrado**

Los resultados esperados, fueron la reducción de partículas contaminantes presentes en el aceite a las 100 horas de instalados los equipos de microfiltración. Los resultados obtenidos se pudieron observar a las 72 horas de la instalación, como se muestra en las imágenes.

a) Aceite antes de instalar los equipos de microfiltración



Foto N° 11

Fuente: Propia

**b) Aceite después de instalar los equipos de microfiltración**

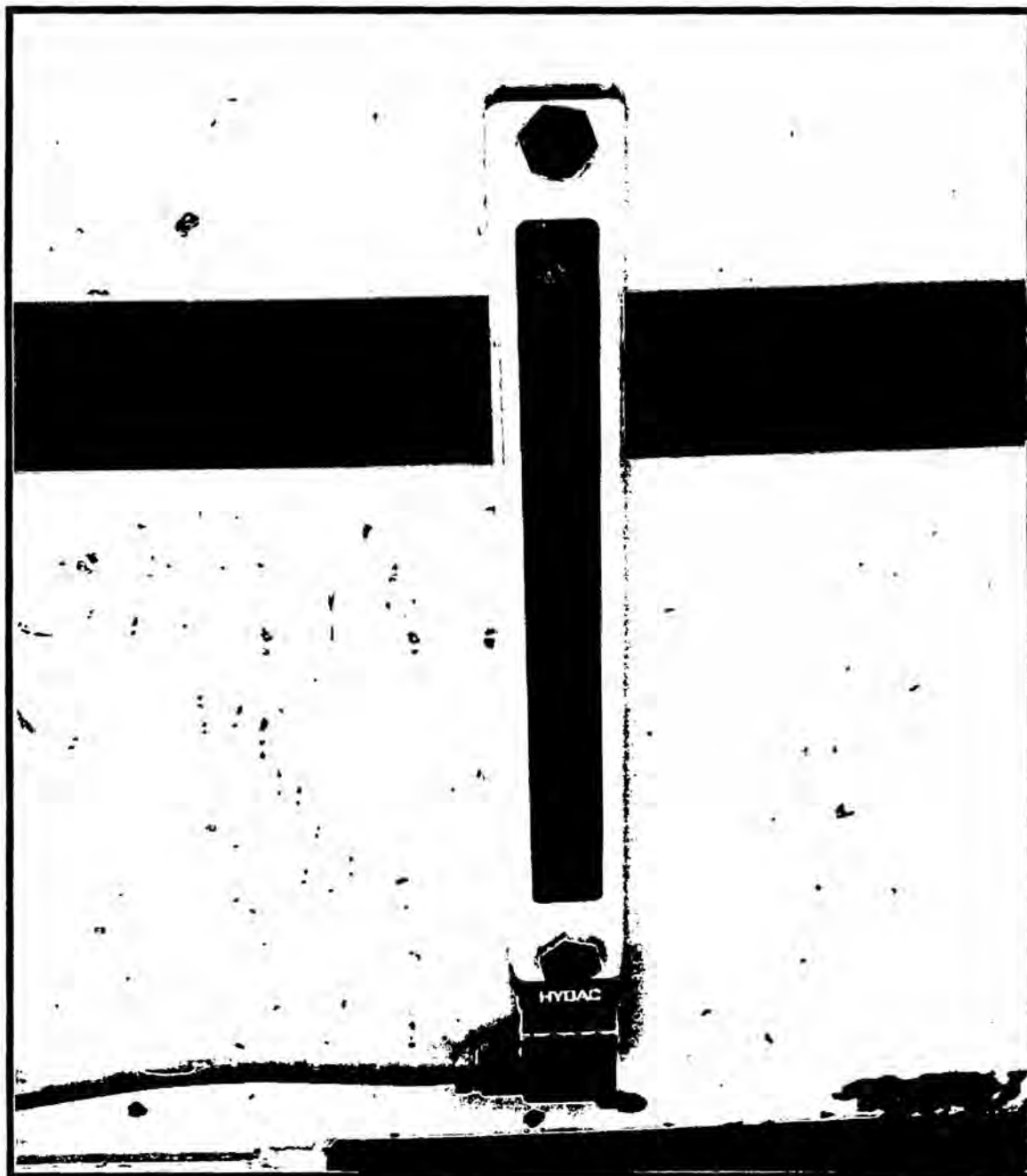


Foto N° 12

Fuente: Propia

## V. EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA

### 5.1. Análisis económico

En el presente apartado se presentarán el comportamiento de ingresos y gastos en dos escenarios (Ciclo de Vida Normal y Ciclo de Vida Proactivo). La proyección de los ingresos y gastos es para un periodo de 6 años. Las diferencias entre ambos ejercicios se dan en base al mantenimiento preventivo, recuperación de vueltas perdidas e ingresos, mayor valor de reventa del motor al finalizar el proyecto. A continuación, se presentan las proyecciones, considerando que la rentabilidad actual de la empresa Inversiones y Representaciones POLO S.A.C. es de 25%.

El ciclo de vida normal para un motor Golden Dragon en combustión GNV es realizar los mantenimientos cada 10000 kilómetros que para nuestra operación sería un mes y los repuestos que se deben cambiar son:

MANTENIMIENTO 10000 KM	
REPUESTOS	PRECIO
24Lt aceite de motor	S/. 253.33
01 filtro de aceite LF9009	S/. 26.25
01 filtro de gas NG5900	S/. 38.30
01 filtro de agua WF2073	S/. 19.45
01 Kit filtro de aire	S/. 297.00
03 horas M/O 1 técnico	S/. 30.45
01 Ingeniero para escaneo de motor 01 hora	S/. 20.90
TOTAL	S/. 685.68



Concepto:	Ciclo de vida Proyecto						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
<b>Ingresos</b>							
Valor Residual Motor							4,000.00
<b>Total Ingresos</b>							4,000.00
<b>Egresos:</b>							
Cambio aceite de motor		(3039.96)	(3039.96)	(3039.96)	(3039.96)	(3039.96)	(3039.96)
Filtro de Aceite LF9009		(315.00)	(315.00)	(315.00)	(315.00)	(315.00)	(315.00)
Filtro de Gas NG5900		(459.60)	(459.60)	(459.60)	(459.60)	(459.60)	(459.60)
Filtro de Agua WF2073		(233.40)	(233.40)	(233.40)	(233.40)	(233.40)	(233.40)
Kit Filtro de Aire		(3564.00)	(3564.00)	(3564.00)	(3564.00)	(3564.00)	(3564.00)
Mano de Obra técnico		(365.40)	(365.40)	(365.40)	(365.40)	(365.40)	(365.40)
Ingeniero para scaneo de Motor		(250.80)	(250.80)	(250.80)	(250.80)	(250.80)	(250.80)
Reparación de Motor		-	-	-	(4200.00)	-	-
Efecto Tributario		-	2756.43	2756.43	2756.43	2756.43	2756.43
<b>Total Egresos</b>		(8228.16)	(5471.73)	(5471.73)	(9671.73)	(5471.73)	(5471.73)
<b>Flujo de Caja</b>		-	(8228.16)	(5471.73)	(5471.73)	(9671.73)	(1471.73)

Figura N° 39 Ciclo de Vida Proyecto  
Fuente: Propia

### FLUJO DE CAJA PROYECTADO A 6 AÑOS

#### A. Ciclo de Vida Normal

COK	25%
Factor de Descuento	
VAN	(19,026.28)

## B. Ciclo de Vida Proactivo

FLUJO DE CAJA PROYECTADO A 6 AÑOS							
Concepto:	Ciclo de vida Proyecto						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
<b>Ingresos</b>							
Ingreso por Oportunidad Producción		780.00	780.00	780.00	780.00	780.00	780.00
Valor Residual Motor							8000.00
<b>Total Ingresos</b>		<b>780.00</b>	<b>780.00</b>	<b>780.00</b>	<b>780.00</b>	<b>780.00</b>	<b>8780.00</b>
<b>Egresos:</b>							
Cambio aceite de motor		(1013.32)	(1013.32)	(1013.32)	(1013.32)	(1013.32)	(1013.32)
Filtro de Aceite LF9009		(105.00)	(105.00)	(105.00)	(105.00)	(105.00)	(105.00)
Filtro de Gas NG5900		(153.20)	(153.20)	(153.20)	(153.20)	(153.20)	(153.20)
Filtro de Agua WF2073		(77.80)	(77.80)	(77.80)	(77.80)	(77.80)	(77.80)
Kit Filtro de Aire		(1188.00)	(1188.00)	(1188.00)	(1188.00)	(1188.00)	(1188.00)
Mano de Obra técnico		(121.80)	(121.80)	(121.80)	(121.80)	(121.80)	(121.80)
Ingeniero para scaneo de Motor		(83.60)	(83.60)	(83.60)	(83.60)	(83.60)	(83.60)
Control Fricción Solida		(1000.00)	(1000.00)	(1000.00)	(1000.00)	(1000.00)	(1000.00)
Control Fricción Liquida	(250.00)	(450.00)	(450.00)	(900.00)	(450.00)		
Inversión	(6000.00)						
Efecto Tributario		-	1404.56	1404.56	1215.85	1404.56	1404.56
<b>Total Egresos</b>	<b>(6250.00)</b>	<b>(4192.72)</b>	<b>(2788.16)</b>	<b>(3238.16)</b>	<b>(2976.87)</b>	<b>(2338.16)</b>	<b>(2338.16)</b>
<b>Flujo de Caja</b>	<b>(6250.00)</b>	<b>(3412.72)</b>	<b>(2008.16)</b>	<b>(2458.16)</b>	<b>(2196.87)</b>	<b>(1558.16)</b>	<b>6441.84</b>

Figura N° 40 Flujo de Caja proyectada a 6 años  
Fuente: Propia

COK	25%
Factor de Descuento	
VAN	(4,995.70)

(VAN): Valor Actual Neto de los Flujos de dinero futuro. Representa cuál es el valor actual de los flujos que existirán en el proyecto (tanto egresos e ingresos) y que son traídos a valor presentes considerando que la rentabilidad actual es de 25%.

### C. Rentabilidad de la implementación

#### 1. Cuadro resumen de ahorro

Ciclo de Vida	Ahorro
Normal	(35,786.79)
Proactivo	(11,442.23)
Total	(24,344.57)

#### 2. Inversión

El costo de inversión es 6000 soles que cuesta la olla microfiltrante que se instaló al bus.

#### 3. Rentabilidad:

POR CADA SOL INVERTIDO SE RECUPERA 4.057 NUEVOS SOLES.

$$S/. 1 = 4.057$$

$$S/. 24,344.57$$

---

$$S/. 6,000.00$$

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

1. Como resultado de una investigación se concluye que con la aplicación de micro filtrado y coalescencia en motores para los ómnibus del grupo empresarial Polo se recuperó 4.057 nuevos soles por cada sol invertido haciendo que mis costos de mantenimiento reduzcan en 24344.57 nuevos soles por cada bus.
2. Concluimos que la presencia del hierro en la primera prueba 5ppm, en la segunda 5 ppm, en la tercera 8 ppm y en la cuarta 12 ppm, eso quiere decir que el porcentaje de reducción de contaminantes se mantiene y comprobamos que el aceite llega a 35000 km de recorrido sin afectar el motor. Si consideramos que el 25 ppm presentes en el aceite de motor es el 100% y con la implementación logra reducir a 12 ppm se reduce el 52%, alargando la vida del motor.
3. La técnica de microfiltrado y coalescencia permitió aumentar el tiempo de vida útil del motor de 4 años a 8 años y se evitó la reparación del motor, así como reducir los mantenimientos de 12 a 4 anuales.
4. El aditivo DURA OIL SB3 protege contra la humedad al formar en las superficies metálicas una película de aspecto especular que no permite que el agua ataque el metal, a diferencia de los

aceites comunes que se percibe a simple vista la formación de lamparones oscuros que no son más que puntos de óxido en el filtro.

## **6.2. Recomendaciones**

1. El personal de mantenimiento debe realizar capacitaciones anuales, debido al constante avance de nuevas tecnología sobre lubricación, selección de lubricantes, sistemas electrónicos, sistema de elementos de filtros. En consecuencia, podrá ejecutar los nuevos conocimientos aprendidos en la empresa y favorecer positivamente a los costos de mantenimiento.
2. Elaborar y aplicar anualmente el plan de mantenimiento proactivo (aplicación y análisis de aceites, modificador de fricción DURA OIL SB3 y microfiltración); para prolongar la vida útil de los equipos, con lo cual se puede planificar de mejor manera los planes de mantenimiento y minimizar los mantenimientos correctivos.
3. El Grupo Empresarial POLO, debe adquirir un *software* de control y registró para la gestión de mantenimiento, esto permitirá disponer de la base de datos necesarios que permitirá la toma de decisiones para definir mantenimientos menores, mayores y/o reemplazo del equipo.
4. Disponer de una bodega o almacén que brinde las óptimas condiciones para almacenar los filtros, lubricantes y producto modificador de fricción

del metal del tipo DURA OIL SB3, que son necesarios para mantener una continuidad de servicio para la maquinaria.

## VII. REFERENCIALES

- AMADA, I. C. ***Necesidad de Microfiltración***. Publicado en AMF Perú Marzo 2010.
- AMF Perú. ***Porque utilizar microfiltración***. Mayo 2008.
- AMF Perú. ***Aplicación de Dura Oil SB3***. Agosto 2009
- AMF Perú. ***Dura Oil SB3***. Junio 2010
- ARANA LL, José ***Manual del Estudiante - Laboratorio Análisis de Fluidos***. Lima. Ferrereyros S.A.A.. 2005.
- ARIAS-PAZ, M.. ***Manual de automóviles***. Madrid. Inversiones Editoriales Dossat. Edición 56, reimpresión. 2000, 2006.
- CHILTON. ***Motores a gasolina y Diesel***. Editorial Océano-Centrum. Edición Dolo Gispert 1995-1999, Reimpresión 2004.
- NORIA LATÍN AMÉRICA. ***Interpretación de Análisis de Lubricantes. Guía de Diagnóstico y Pronóstico para la Toma de Decisiones Sustentadas***. Mexico. Primera Edición. 2012.
- SOCIEDAD ALEMANA DE COOPERACIÓN TÉCNICA (GTZ). ***Tecnología del Automóvil Tomo II***. Barcelona. Editorial Reverté S.A. Edición 20.
- UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUÍZ GALLO. ***El Aceite Lubricante y su Motor. Caterpillar Inc.*** Lima. Primera Edición. 2012.

## SITIOS DE INTERNET

1. EMPRESA EDITORA EL COMERCIO. *“Perú liderará crecimiento económico en la región hasta el 2018”*. Disponible en:  
<http://elcomercio.pe/economia/peru/peru-liderara-crecimiento-economico-region-hasta-2018-noticia-1711058>
2. WIKIPEDIA LA ENCICLOPEDIA LIBRE. *Impacto ambiental de vías terrestres*. Disponible en:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Impacto\\_ambiental\\_de\\_v%C3%ADas\\_terrestres](http://es.wikipedia.org/wiki/Impacto_ambiental_de_v%C3%ADas_terrestres)



## **VIII. ANEXOS Y PLANOS**

## **8.1. Dura Oil SB3**

Es un producto de tecnología punta y de efectos probados y comprobados, que posee características antifriccionantes y lubricantes únicos en el mundo y que pertenece a la última generación de evolución científica en materia de acondicionadores de metal.

Un equipo de científicos dirigidos por el Ing. Floyd Stevick (especialista con 35 años de experiencia en lubricación al servicio de la NASA y Fuerzas Armadas de los Estados Unidos) descubrió en la década de los ochenta el principio de Vínculo Molecular, que utiliza moléculas de reacción recíproca que son atraídas a la superficie del metal (mas no entre ellas) y esto dio origen a un cambio en los conceptos tradicionales de la lubricación, permitiendo la aparición de un nuevo concepto denominado Lubricación a Hiper Presión.

El SB3 (*Super Bonding 3: Nueva Generación*), es el principio activo del Dura Oíl y actúa penetrando y sellando los microporos de las paredes metálicas propiciando un acoplamiento metalúrgico, sin interesar si son metales ferrosos o no ferrosos. A consecuencia de esto, otorga una mayor resistencia a la película lubricante.

### **8.1.1. Beneficios a partir del uso de Dura Oil SB3**

Basados en lo antes expresado y que es producto de la experiencia de +/- 10 años en el mundo y 7 años en el Perú, podemos concluir que las bondades de nuestro producto se aprecian inmediatamente después de su aplicación, otorgando entre otros beneficios, los siguientes:

- Mayor vida útil del metal.
- Menor concentración de las PPM en el lubricante.
- Mayor espacio de tiempo entre mantenimientos.
- Modificación favorable de los programas de mantenimiento por mayor duración de los componentes.
- Disminución del lucro cesante por paradas innecesarias que originan cuellos de botella en la producción.
- Reducción del inventario de repuestos.
- Reducción del consumo de combustible y/o energía.
- Prolongación de los ciclos de lubricación (por menor contaminación de éstos).
- Cobertura en casos de emergencia (protege en caso de una suspensión brusca de lubricación: falla de la bomba de aceite, taponamiento de los conductos, rotura de cárter, etc.).

<sup>31</sup> Como consecuencia de lo manifestado, se protege la inversión y les otorga una mayor tranquilidad, dado que nuestro producto actúa como un seguro preventivo.

Fuente: <<http://www.amfperu.net/4736/4763.html>>

## **8.2. Astriven s.a. ingeniería en lubricación y microfiltrado**

### MICROFILTRADO DE LUBRICANTE.

#### ASPECTOS TÉCNICOS

El microfiltrado de lubricante es un tema de enorme importancia en el mantenimiento preventivo de maquinaria de todo tipo. Desde el año 1963 la SAE estableció una norma para clasificar los niveles de limpieza del aceite. En los siguientes años han intervenido numerosos organismos técnicos de categoría internacional como la NAS y la ISO para modernizar y perfeccionar la nomenclatura y métodos de medición. La norma para reportar niveles de limpieza más actualizada es la ISO 4406, versión 1999, la cual trabaja con 3 tamaños de partículas: > 4  $\mu\text{m}$ , > 6  $\mu\text{m}$  y > 14  $\mu\text{m}$ , todas referentes a un mililitro de aceite.

En la década de 1980 la Universidad del Estado de Oklahoma (Estados Unidos) desarrolló un trabajo de investigación en conjunto con importantes fabricantes de maquinaria y laboratorios especializados en lubricantes para construir la EXTENSION LIFE TABLE (puede verse al final de este artículo), con la cual quedó demostrado que el nivel de limpieza del aceite incide directamente en la vida de los componentes mecánicos lubricados. Uno de los casos más críticos es el de los sistemas hidráulicos, a tal punto que en los países desarrollados se acepta que del 70 al 80 % de las fallas de los componentes de un sistema hidráulico se deben a la presencia de partículas en el aceite.

No se trata de cambiar el aceite todos los años. Ningún aceite nuevo en ninguna parte del mundo cumple con los niveles de limpieza que recomiendan los fabricantes de equipos originales. Además si se limita a cambiar el aceite, hay que destacar que gran cantidad de partículas (muchos miles de ellas) se quedarán dentro del circuito de lubricación, las cuales originarán otros miles de partículas en corto tiempo.

La Universidad del Estado de Oklahoma resumió su investigación, en el caso de los sistemas hidráulicos con la frase: "SI EL NIVEL DE LIMPIEZA DEL ACEITE SE MEJORA 10 VECES, LA BOMBA DURARA 50 VECES MÁS".

De acuerdo a los resultados obtenidos a lo largo de 6 años de analizar más de 500 muestras de aceite hidráulico tanto con equipo automático instalado en línea como en laboratorio local y de Los Estados Unidos (BENTLY TRIBOLOGY SERVICES), ASTRIVEN S.A. ha comprobado que en el Ecuador el 99 % de los sistemas hidráulicos de la industria nacional funcionan con niveles de limpieza incorrectos, lo cual es causa de muchas paradas de producción y costosas reparaciones.

#### ASPECTOS ECONÓMICOS.

Información básica para poder costear un trabajo de microfiltrado del lubricante:

1. Viscosidad del aceite.
2. Temperatura de operación durante el filtrado.
3. Volumen del aceite a filtrar incluido el que está en el circuito.

4. Nivel de limpieza ISO inicial y requerido.

Otros aspectos técnicos que influyen en el resultado a obtener:

1. Micraje de los filtros.
2. Relación Beta (eficiencia) de los filtros a utilizar.
3. Capacidad de retención de los filtros.
4. Flujo óptimo para el filtro o los filtros a utilizar.

Errores más comunes al evaluar una cotización de un trabajo de micro-filtrado.

- a) Considerar exclusivamente el valor bruto del trabajo a realizar sin tomar en cuenta el nivel de limpieza del aceite antes y luego de filtrado.
- b) Tomar como punto de comparación exclusivamente el Micraje con el cual se filtra.
- c) No conocer ni relación Beta de los filtros, menos su capacidad de retención.
- d) Desconocer el nivel de limpieza del lubricante que recomienda el fabricante del equipo.
- e) No dar importancia al Reporte Técnico con los niveles de limpieza ISO del aceite antes y luego de filtrado.

Fuente:

[http://www.astriven.com/recursos/evaluacionTecnicoEconomica\\_Microfiltrado.pdf](http://www.astriven.com/recursos/evaluacionTecnicoEconomica_Microfiltrado.pdf)

- 8.3. Investigación: Experimental Investigation of the Influence of  
Lubricant Additives on Rheology of Elastohydrodynamic Films

**EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF  
THE INFLUENCE OF LUBRICANT ADDITIVES ON  
RHEOLOGY OF ELASTOHYDRODYNAMIC FILMS**

by  
**HE-JIN YU**

A thesis  
presented to the University of Waterloo  
in fulfillment of the  
thesis requirement for the degree of  
Doctor of Philosophy  
in  
Mechanical Engineering

**Waterloo, Ontario, Canada, 1997**

**© He-Jin Yu 1997**

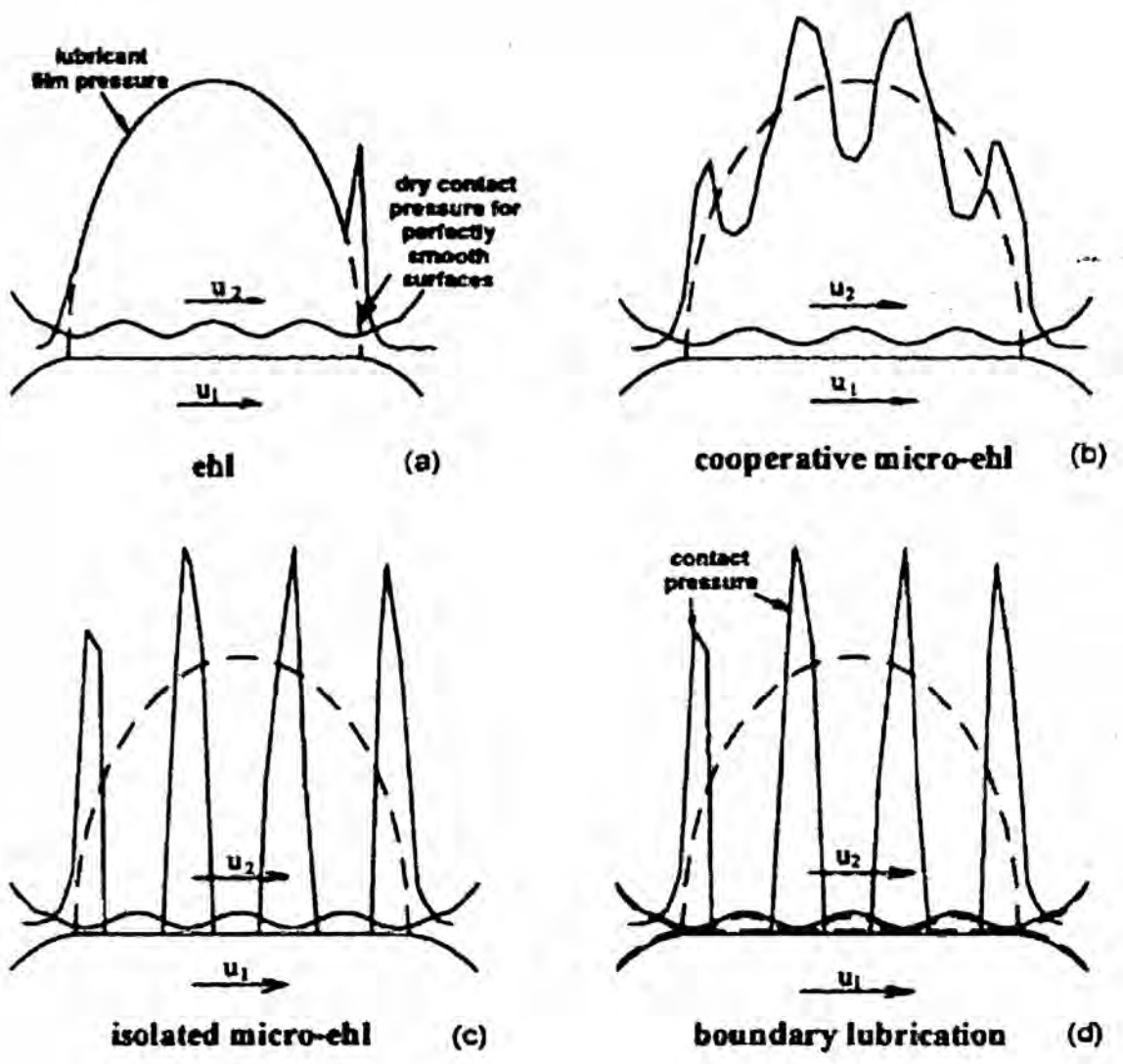


Figure 1.1 Tribological mechanisms of thin film lubrication in concentrated contacts ( $u_1, u_2$  - contact surface velocities)



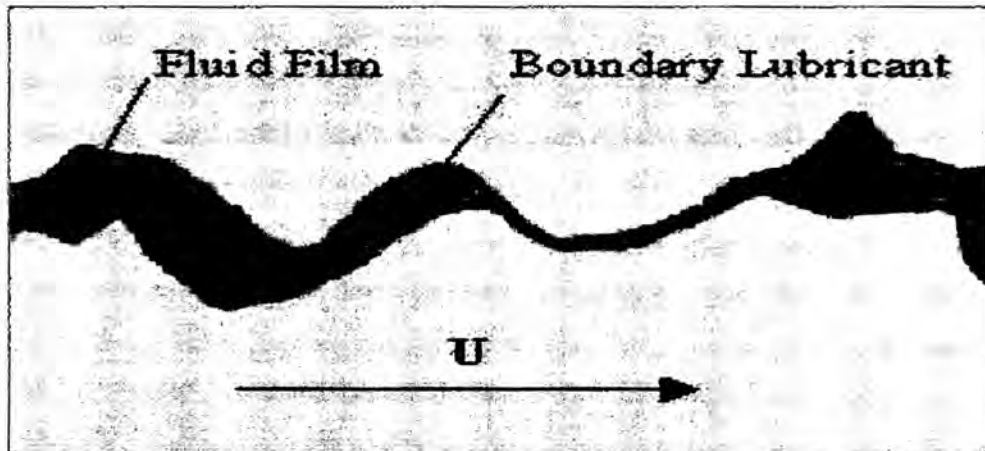
## **Functions of additives**

Additives may be classified according to their functions. There are many types of additives, some of them, such as antioxidants, anti-foaming agents, etc. are not involved directly in the friction and wear. In the present study, typical examples of a friction modifier, an antiwear additive and an extreme pressure additive are considered.

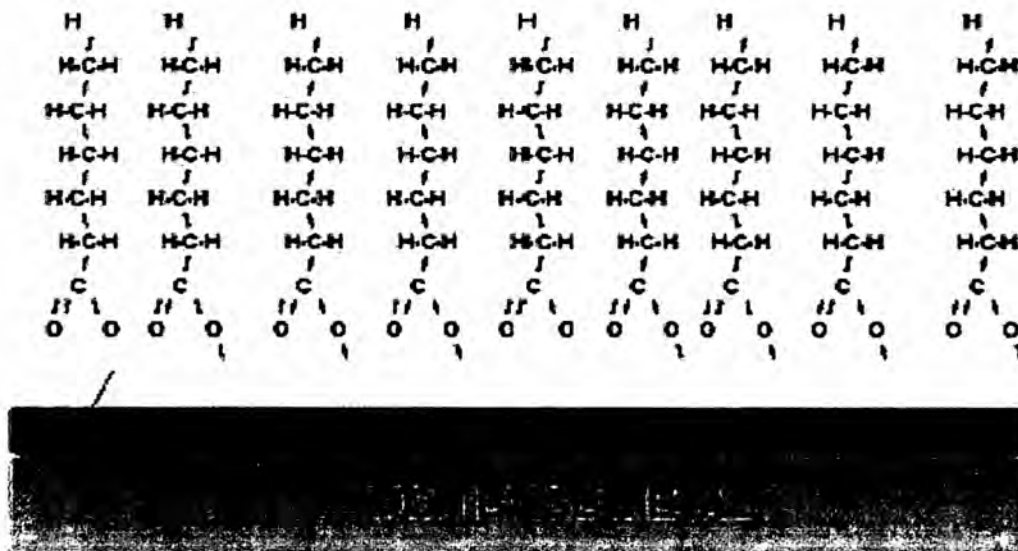
- **Friction modifier**

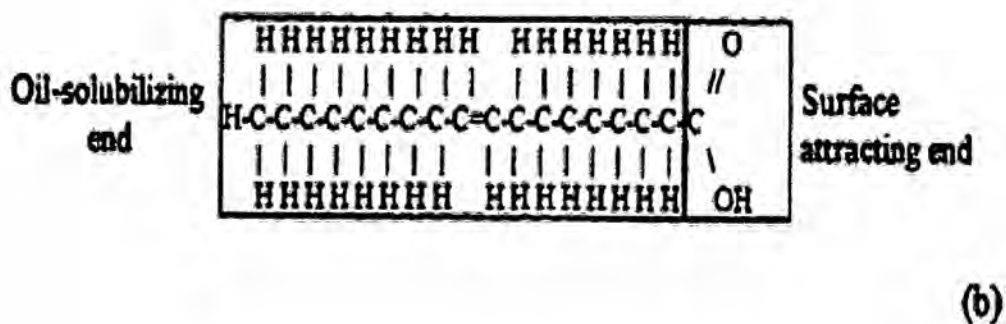
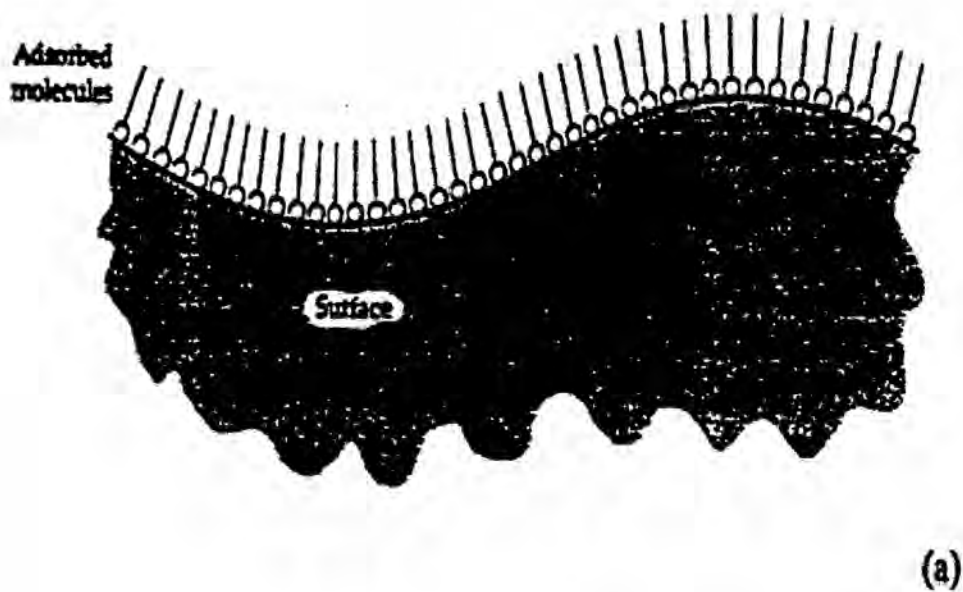
Friction modifier (FM) additives reduce the friction by forming layers of low shear strength on the contact surfaces. In current usage, the FM additives are mostly fatty acids and esters. The molecules generally contain unbranched long chains of carbon atoms, which are at least ten atoms in length and are classified as the oil-solubilizing portion, plus a polar group at one end, which reacts with the contact surfaces by a mechanism known as adsorption (Fein, 1983; Liston, 1992; Stachowiak and Batchelor, 1993). The molecular layers generated by this mechanism cover the contact surfaces as shown in Figure 2.3 and effectively prevent the high friction associated with direct surface contact.

Boundary lubricants generally have long, straight, polar molecules, which will readily attach themselves to the metal surfaces. The lubricant molecules will form a thick protective layer that resembles a molecular shag carpet (below).



**Boundary Lubrication**





**Figure 2.3 Lubrication mechanism by FM additives**  
 (a) adsorption lubrication mechanism  
 (from Stachowiak and Batchelor, 1993)  
 (b) chemical structure of fatty acid  
 (from Liston, 1992)

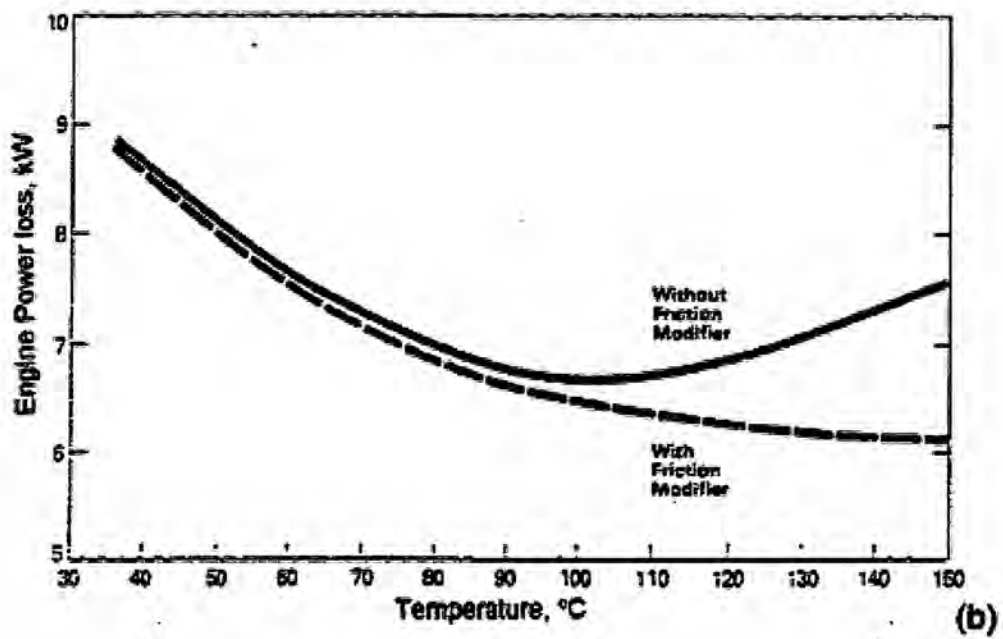
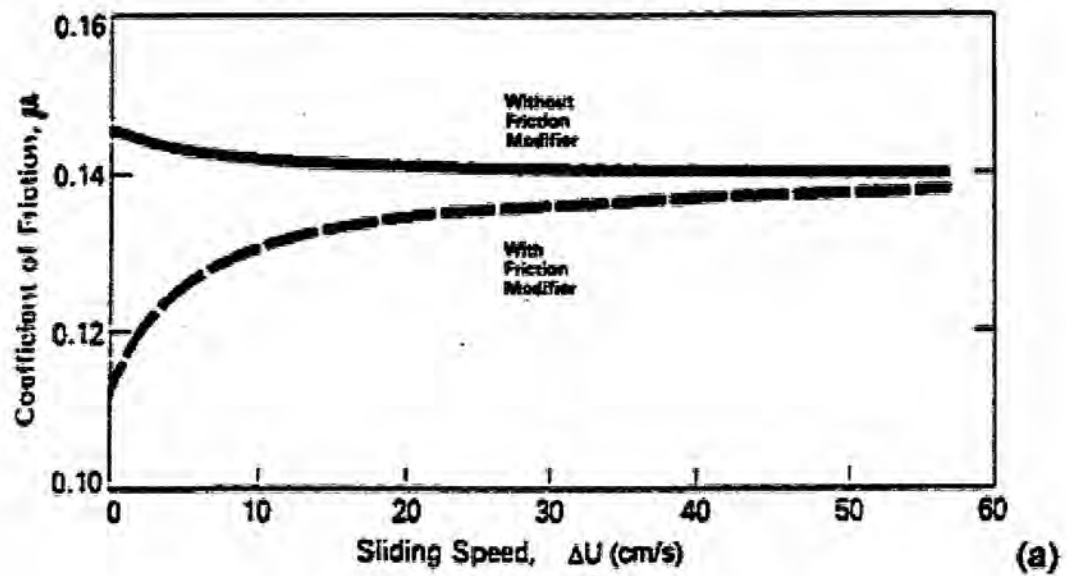


Figure 2.4 Effects of friction modifiers (from O'Brien, 1983)  
 (a) on friction coefficient  
 (b) on engine power loss

## Boundary Lubrication and Lubricants

Seiichiro Hironaka

School of Engineering,

Tokyo Institute of Technology

### 1. Introduction

The term tribology has been used for 18 years to refer to the branch of engineering that deals with friction, wear, and lubrication. Tribology is defined as "the science and technology of interacting surfaces moving relative to each other and associated practical problems." Tribology is a major research field in the mechanical industry—indeed, in any field with even the slightest connection to machinery. Especially in the industrial community, the recent rapid progress in machinery and acceleration of machine speeds has increased production rates, but at the significant added cost of machine damage and energy consumption. With the solution of tribological problems anticipated to save some 800 billion to 1 trillion yen per year, tribology is attracting ever-growing attention.

This issue deals specifically with boundary lubrication, which addresses the complex problems arising from contact between friction surfaces. It also discusses fundamental topics related to this issue and reviews the role of lubricants in boundary lubrication.

### 2. Boundary lubrication mode

Based on friction experiments on bearings, Stribeck expressed the relationship between the friction

coefficient [ $f$ ], viscosity of the lubricating oil [ $\eta$ ], load [ $F_N$ ], and velocity [ $V$ ] in the Stribeck curve (Figure 1). This curve brilliantly captures the characteristics of various lubrication regions, including [I] boundary lubrication, [II] elastohydrodynamic lubrication (EHL), and mixed lubrication.

In hydrodynamic lubrication, the fluid completely isolates the friction surfaces [ $h \gg R$ ], and internal fluid friction alone determines tribological characteristics. In elastohydrodynamic lubrication [ $h \approx R$ ], fluid viscosity, the viscosity-pressure coefficient and the elastic coefficient of the solid surface are the most dominant factors. In contrast, the boundary lubrication mode is mainly characterized by the following three points:

- (i) Friction surfaces are in contact at microasperities
- (ii) Hydrodynamic effects of lubricating oil or rheological characteristics of bulk do not significantly influence tribological characteristics
- (iii) Interactions in the contact between friction surfaces and between friction surfaces and the lubricant (including additives) dominate tribological characteristics.

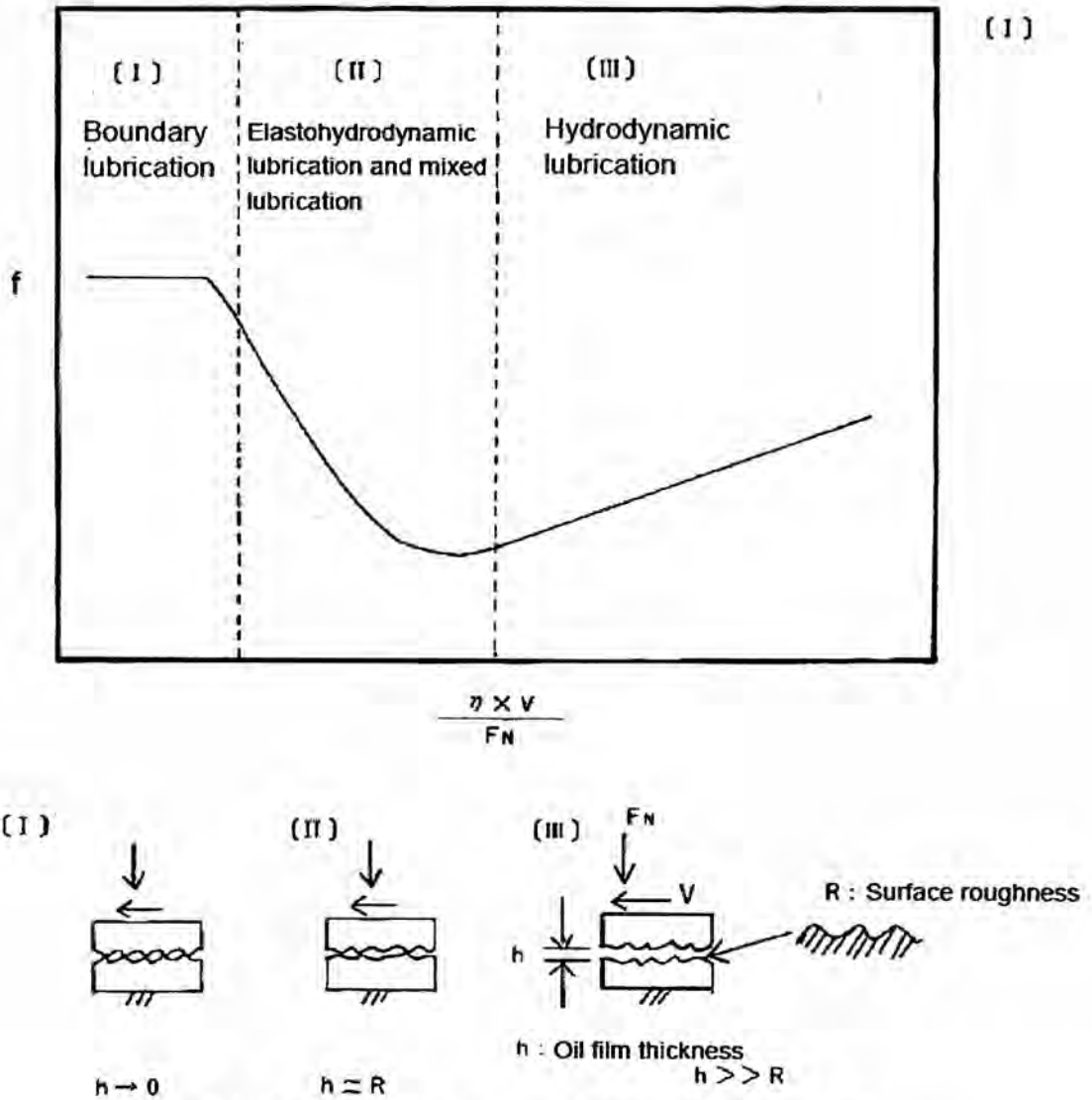


Figure 1: Stribeck curve and lubrication regions

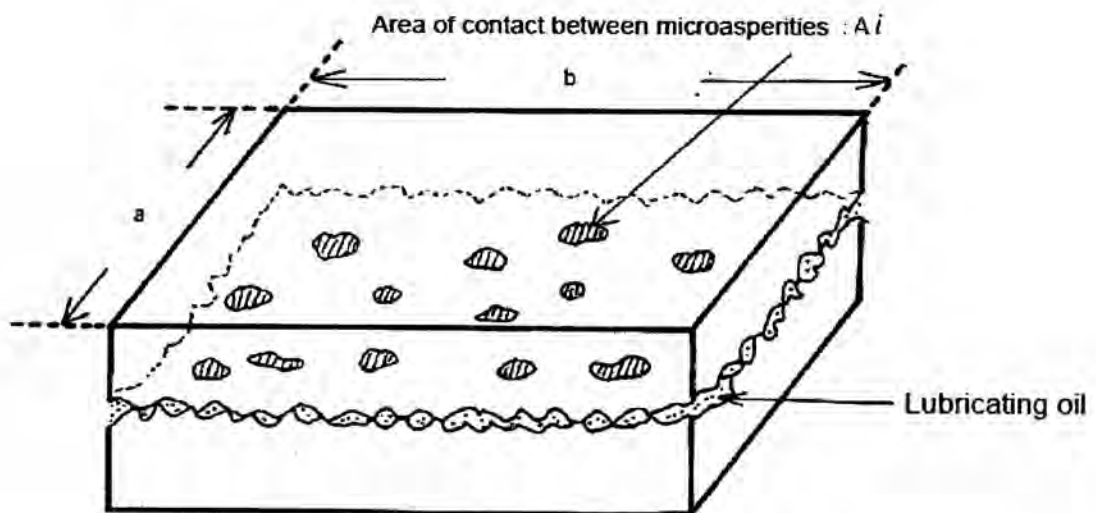
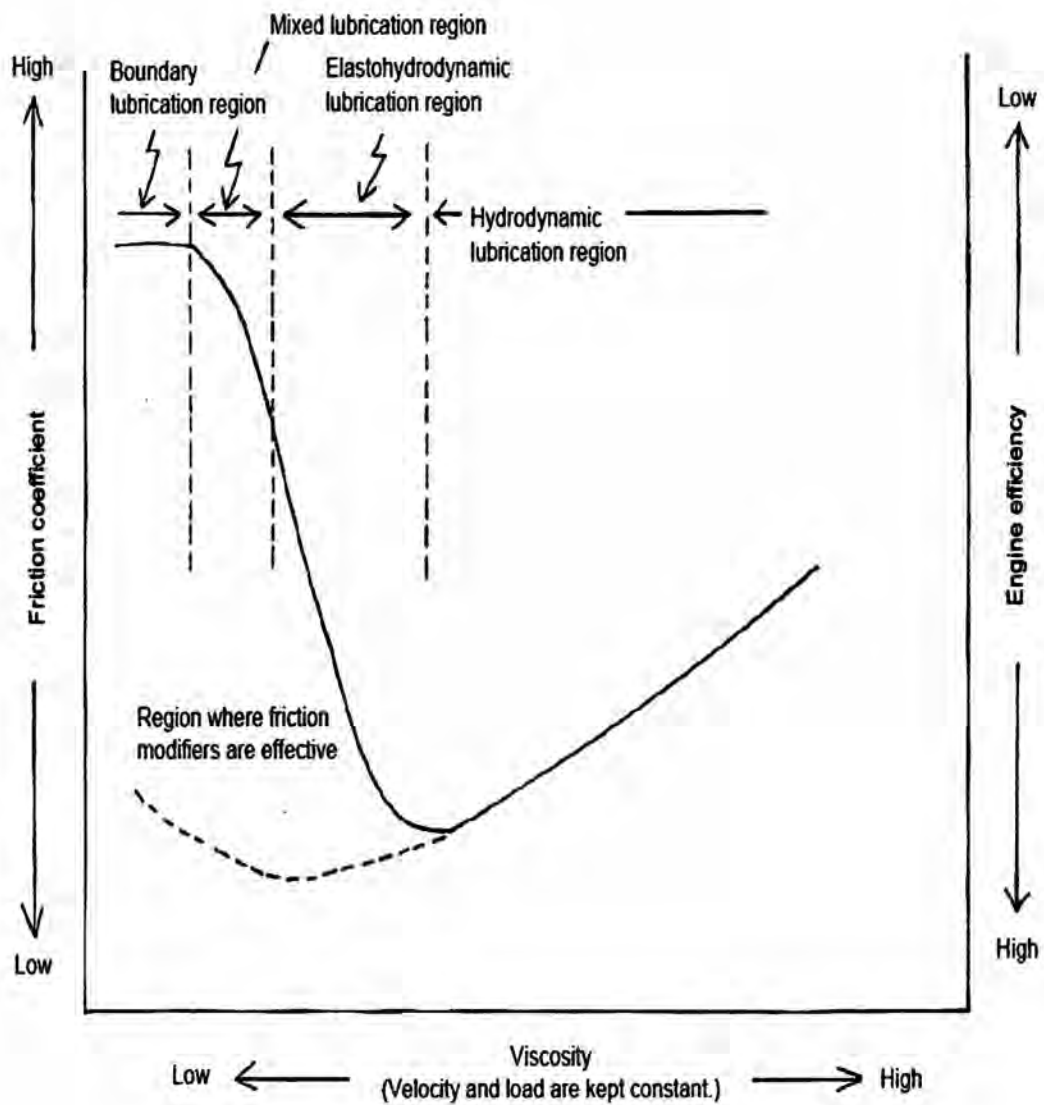


Figure 2: Friction surface contact model (A)



Astm trabajo mecánico

ISO 4406 limpieza de aceites porcentualmente depende del aceite